GRAĐEVINAR

11

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA N. R. H.

GODINA IX STUDENI 1957



»GRAĐEVINAR«

GOD. IX. BROJ 11

SADRŽAJ:

SARADNICI!

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIONOM ODBORU I UREDNIKU!

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unašanje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;
CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.
Više slika, manje teksta — Vašem će se radu pokloniti više pažnje!

Čitaoci traže više članaka na manje stranica; zadovoljite čitaoce, oni će Vam biti zahvalni!

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, slike se računaju kao tekst.

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.
Glavni urednik: Dr. ing. Ervin Nonveiller.
Tehnički urednik: Ing. Lida Zlatić.

Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 36-271 — Tek. račun kod Komunalne banke Zagreb 40-KB-4/Z-1151

Tisak »TIPOGRAFIJA« grafičko-nakladni zavod, Zagreb

GRAĐEVINAR

GOD. IX. STUDENI 1957 BROJ 11

UTJECAJ HRAPAVOSTI KORITA NA GUBITAK TLAKA KOD TURBULENTNOG STRUJANJA TEKUĆINE

A. Franković, Zagreb

Rezultati pokusa, koje su sistematski izvršili V. Saph i E. N. Schoeder (23), T. E. Stanton i J. R. Pannel (24) a naročito J. Nikuradze (19), omogućili su L. Prandtlu (20), C. F. Colebrooku (3) i v. Kàrmànu (12) da nam bar donekle objasne problem strujanja tekućine u »glatkim« i »hrapavim« cijevima kružnoga presjeka, u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog. Već H. Bazin (8,164) sistematski je izvršio pokuse u koritu sa slobodnom površinom; u novije vrijeme su to izvršili F. Varwick (27) i L. G. Straub, E. Silberman i N. C. Nelson (25), ali nam do danas nije uspjelo naći teoretsko objašnjenje takvu strujanju. U raspravi »Uniform turbulent flow of fluid« (9a) pokušao je autor riješiti problem jednolikog strujanja tekućine koliko kod njenog turbulentnog strujanja u cijevi pod tlakom, koji je različit od atmosferskog, toliko i kod njenog strujanja u koritu sa slobodnom površinom. Rezultati, do kojih je došao, dobiveni su za pretpostavke, da je gubitak tlaka poradi međusobnog trenja čestica kod laminarnog strujanja jednak gubitku tlaka, koji odgovara gubitku u presjeku, koji je jednak kružnom i da je koeficijent hrapavosti stijenki korita jednak za sve Reynoldsove brojeve. U raspravi pak »Gubitak tlaka kod jednolikog strujanja tekućine« (9b) autor je uzeo u obzir stvarni gubitak tlaka zbog međusobnog trenja čestica u laminarnom režimu za presjeke kružnoga i pravokutna oblika, a približno i za druge oblike korita te izveo jednadžbe uz pretpostavku, da i gubitak tlaka radi hrapavosti stijenki korita zavisi o Reynoldsovu broju.

Uz pretpostavku, da je:

$$J = \frac{\lambda v^2}{2 g d} \tag{1}$$

gdje označuje:

J ... pad površine tekućine na jedinicu dužine,

λ ... bezdimenzionalan koeficijent hrapavosti,

d ... promjer cijevi u metrima i

$\frac{v^2}{2g}$ ... visinu, koja odgovara brzini strujanja.

razlikujemo ove slučajeve strujanja tekućine u cijevi kružnoga presjeka (14a):

1. laminarno strujanje, kad je Re $<$ 2320, a za koje se uzima, da vrijedi zakon Poiseuille — Hagena:

$$\lambda_0 = \frac{64}{Re}, \text{ odnosno:}$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_0}} = \frac{Re\sqrt{\lambda_0}}{64} \tag{2}$$

2. turbulentno strujanje kad je Re $>$ 2320, za koje se uzima da vrijedi:

a) za glatke cijevi kružnoga presjeka:

jednadžba Prandtl — v. Kàrmàna:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_a}} = 2 \log (Re\sqrt{\lambda_a}) - 0{,}8 = 2 \log \frac{Re\sqrt{\lambda_a}}{2{,}51}; \tag{3}$$

b) za hrapave cijevi:

jednadžba Prandtl — v. Kàrmàna:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_b}} = 2 \log \frac{d}{\varepsilon} + 1{,}14 = 2 \log \frac{3{,}71\ d}{\varepsilon}; \tag{4}$$

c) za t. zv. prijelazno područje, koje nije ni «glatko«, ni »hrapavo«:

jednadžba Colebrooka:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_c}} = -2 \log \left[\frac{2{,}51}{Re\sqrt{\lambda_c}} + \frac{\varepsilon}{3{,}71\ d}\right]. \tag{5}$$

U tim jednadžbama označuje:

$Re = \frac{v\,d}{\nu}$ .... bezdimenzionalan Reynoldsov broj,

$v = \frac{Q}{F} = \frac{\text{protok u sekundi}}{\text{protjecajni prijesjek}}$ [m sek^{-1}],

ν [m^2 sek^{-1}] ..... kinematski koeficijent viskoznosti i $\frac{\varepsilon}{d}$, odnosno $\frac{d}{\varepsilon}$ ... bezdimenzionalnu relativnu hrapavost.

O. Kirschmer (14b) navodi u svojoj kritici jednadžbe (5), koju je dao Colebrook, da ona daje prosječne vrijednosti i da bi je stoga trebalo primjenjivati kod srednje hrapavosti cijevi, koje dolaze na tržište, ali da se i za takve cijevi stvarni bezdimenzionalni koeficijent hrapavosti λ_c može više ili manje razlikovati od onog, koji dobivamo primjenom Colebrookove jednadžbe, naročito kod cijevi većih promjera (14b, 786). Značajna je i njegova primjedba, da su u praksi poznati slučajevi, kod kojih je ustanovljeno, da u prijelaznom režimu

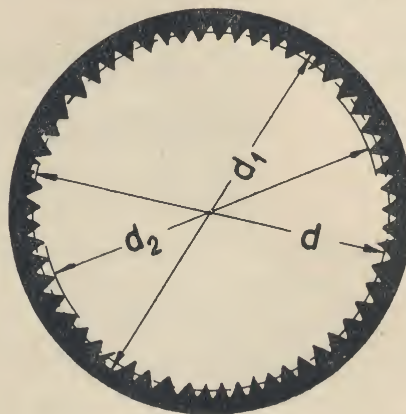
raste koeficijent λ_c kao kod umjetne hrapavosti, koja se hrapavost inače smatra različitom od prirodne (14b, 787).

Brojni primjeri izvršenih izmjera koeficijenta λ dokazuju, da se oni ne slažu s rezultatima, koje dobivamo ne samo primjenom jednadžbe (4) ili (5) (15,833) za hrapave cijevi, već ni s onima, koje dobivamo primjenom jednadžbe (3) za glatke cijevi (9b i 6,379). Značajna je i primjedba P. J. Biera (1), da Skobeyova jednadžba daje povoljne rezultate za čelične cijevi većih promjera, Manningova za betonske cijevi, a Hazen-Wiliamsova za livene željezne cijevi, ali da ni jedna od tih jednadžbi nije sasvim ispravna. Sadašnji pak pokušaji da idu za tim, da se te jednadžbe zamijene novijima, koje se temelje na bezdimenzionalnom Reynoldsovu broju i sadrže koeficijent, koji uzima u obzir utjecaj hrapavosti površine na protok. Ni jedna pak takva jednadžba (Poiseuilleova, v. Kàrmànova, Nikuradzeova, Prandtlova i Colebrookova) da nije teoretski ispravna za stanoviti protok i površinsku hrapavost, pa da će stoga one biti manje u uporabi kod projektiranja vodovoda sve dotle, dok one ne budu potvrđene rezultatima izvršenih pokusa, koji će obuhvatiti veliko područje režima protjecanja, odnosno veliki raspon Reynoldsovih brojeva. Dok se to ne učini, da će se stare jednadžbe vjerojatno s više uspjeha primjenjivati nego nove.

Neshvatljivo je i to, što se kao mjerilo za gubitak tlaka uzima relativna hrapavost, jer bi kod cijevi većeg promjera, odnosno kod korita s većim hidrauličkim radijusom i kod razmjerno velike hrapavosti stijenki korita, svako takvo korito bilo glatko. Još više je neshvatljivo, da se kod stanovite relativne hrapavosti i od stanovitog Reynoldsova broja koeficijent λ ne mijenja, t. j. da ostaje jednak kod svih većih Reynoldsovih brojeva. Razlog tomu treba vjerojatno tražiti u činjenici, što su pokusi s većom relativnom hrapavosti vršeni samo do manjih, a s manjom relativnom hrapavosti do većih Reynoldsovih brojeva.

Stoga je razumljivo, da rezultati izvršenih pokusa nijesu mogli potvrditi ovisnost gubitka tlaka o relativnoj hrapavosti, jer je ustanovljeno, da kod strujanja tekućine u cijevi manjeg promjera možemo dobiti manji gubitak tlaka nego u cijevi većeg promjera jednake hrapavosti (9a, 15 i 17).

Budući da gubitak tlaka ovisi o Reynoldsovu broju, vrlo je važno znati odrediti taj broj. Kod vršenja laboratorijskih pokusa obično se protjecajni prijesjek određuje mjerenjem volumena tekućine u cijevi i njene dužine, pa se podjelom tog volumena s dužinom cijevi odredi površina srednjeg protjecajnog prijesjeka, a iz tog prijesjeka mjerodavni promjer cijevi. Mjerenjem pak sekundne količine tekućine, koja protječe, i njenom podjelom s protjecajnim prijesjekom, dobiva se brzina *v*. Izmjerimo li još i temperaturu tekućine, dobivamo sve elemente za određivanje Reynoldsova broja. Budući da je kod tako određenog Reynoldsova broja uzeta u obzir i površina, koja odgovara hrapavosti stijenki, razumljivo je, da je tako određeni promjer cijevi d manji od promjera d_1, koji ima cijev bez hrapavosti, odnosno veći od promjera d_2, koji siže do same hrapavosti.



Slika 1

Ukoliko ne bismo tako postupili, izmjerom promjera cijevi dobili bismo d_2, t. j. promjer, koji je manji od onog, koji bismo trebali uzeti u obzir kod određivanja Reynoldsova broja, pa bi i Reynoldsov broj, koji bismo dobili, bio manji od stvarnog. Te su razlike kod većih promjera cijevi neznatne, ali znatne kod cijevi manjih promjera, naročito kod veće hrapavosti stijenki. U koliko bismo n. pr. pretpostavili, da prijesjek hrapavosti stijenki korita ima oblik istostraničkog trokuta visine 1 mm, za korito kružnog presjeka dobivamo $\frac{d_1 \pi}{0{,}001}$ takvih trokuta, pa bi njihova površina iznosila:

$$\frac{d_1 \pi}{0{,}001} \cdot \frac{0{,}001}{2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 0{,}001 = \frac{0{,}001732\, \pi\, d_1}{4}.$$

Prema tome površina mjerodavnog presjeka iznosi:

$$\frac{d^2 \pi}{4} = \frac{d_1^2 \pi}{4} - \frac{0{,}001732\, \pi\, d_1}{4}.$$

Iz toga je:

$$d = d_1 \sqrt{1 - \frac{0{,}001732}{d_1}}, \tag{6}$$

odnosno:

$$d = (d_2 + 0{,}002) \sqrt{1 - \frac{0{,}001732}{d_2 + 0{,}002}}.$$

Iz tih jednadžbi dobivamo za:

d_1	=	0,012	0,022	0,052	0,102	0,202	0,502	1,002 m,
d_2	=	0,010	0,020	0,050	0,100	0,200	0,500	1,000 m,
d	=	0,0111	0,0211	0,0511	0,1011	0,2011	0,5010	1,002 m,
$\frac{d}{d_1}$	=	0,924	0,959	0,982	0,991	0,995	0,998	0,999 m,
$\frac{d}{d_2}$	=	1,105	1,055	1,022	1,011	1,005	1,002	1,002 m.

Budući da je:

$$Re = \frac{d\,v}{\nu} = \frac{d\,Q}{\frac{d^2 \pi}{4}\gamma} = \frac{4\,Q}{\gamma \pi d}, \text{ dobivamo:}$$

$$\text{za promjer } d : Re = \frac{4\,Q}{\gamma \pi d},$$

$$\text{za promjer } d_1 : Re_1 = \frac{4\,Q\,d}{\gamma \pi d_1^2},$$

$$\text{za promjer } d_2 : R_2 = \frac{4\,Q\,d}{\gamma \pi d_2^2},$$

pa odnos Reynoldsovih brojeva iznosi:

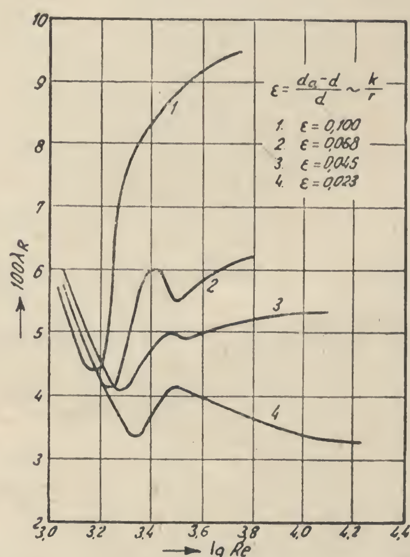
$$\frac{Re_1}{Re} = \left(\frac{d}{d_1}\right)^2, \quad \frac{Re_2}{Re} = \left(\frac{d}{d_2}\right)^2.$$

Ukoliko stoga uzmemo kao mjerodavan promjer d_1, odnosno d_2, dobit ćemo Reynoldsov broj, koji je manji, odnosno veći od stvarnog. Vidimo dakle, da kod određivanja Reynoldsova broja kod »hrapavih« cijevi, naročito onih manjeg promjera, možemo dobiti manje, ali i veće rezultate od stvarnih, već prema tome koji promjer uzmemo kao mjerodavan.

Kod vršenja svojih pokusa s umjetnom hrapavosti G. de Marchi je definirao relativnu hrapavost jednadžbom (21, 130):

$$\varepsilon = \frac{d_1 - d}{d}. \tag{7}$$

Kod toga je on — nakon što je bio umetnut u cijev hrapavi sloj — mjerenjem volumena vode u cijevi odredio relativnu hrapavost ε. Ukoliko je — kod tako određene relativne hrapavosti — mjerodavni promjer d izračunat primjenom jednadžbe (7), nerazumljivo je, da su se rezultati njegovih pokusa za različitu relativnu hrapavost toliko međusobno razlikovati, da je za ε = 0,10 dobio najmanji



Slika 2

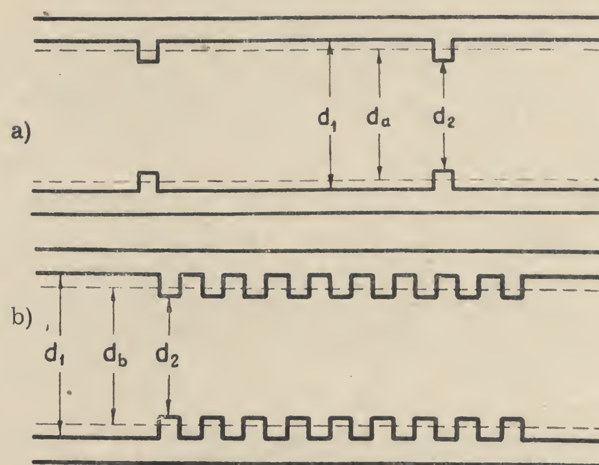
λ kod Re_1 = ~ 1600, a za λ = 0,023 kod Re_2 = ~ 2100, t. j. da je $\frac{Re_2}{Re_1}$ = 1,31. Razlog tom neslaganju treba vjerojatno tražiti u tome, što je kao mjerodavan promjer uzet d_2.

Za presjeke ma kakvog oblika određuje se Reynoldsov broj pomoću jednadžbe:

$$Re = \frac{v\,d}{\gamma} = \frac{4\,v\,R}{\gamma}, \tag{8}$$

gdje R označuje hidraulički radijus. Budući je $R = \frac{F}{O}$, gdje F označuje protjecajni prijesjek, a O omočeni opseg, kod različitog oblika presjeka hrapavosti stijenki korita, može stvarni omočeni opseg znatno varirati.

Za slučaj da prijesjek hrapavosti ima oblik istostranog trokuta, omočeni bi opseg bio dva puta veći, pa bi Reynoldsov broj bio dva puta manji. Iz toga vidimo, da mjerodavni Reynoldsov broj zavisi i o veličini hrapavosti stijenki korita, te da je on — kod različite veličine presjeka hrapavosti — to manji, što je hrapavost veća. Uzmemo li pak u obzir, da stvarno mjerimo promjer d_2, razumljivo je, da dobivamo Reynoldsov broj, koji je manji od stvarnog. Ta razlika — već prema obliku presjeka hrapavosti — može iznositi i više od 30%. Uz iste pak uvjete taj omjer ostaje nepromijenjen i onda, kada mjesto promjera, odnosno hidrauličkog radijusa uzmemo u račun stvarnu dužinu omočenog opsega. Razlike, koje dobivamo u Reynoldsovim brojevima, znatno više utječu na veličinu gubitka tlaka kod manjih, nego kod većih Reynoldsovih brojeva, jer kod većih Re, bezdimenzionalni koeficijent hrapavosti λ neznatno raste s opadanjem Reynoldsova broja. Kod manjih pak Reynoldsovih brojeva, bezdimenzijonalni koeficijent hrapavosti λ — već prema veličini hrapavosti — može rasti ili opadati s opadanjem Reynoldsova broja.



Slika 3

Izvršenim pokusima s cijevima oblika prema slici 3 ustanovljeno je, da je koeficijent λ_a veći kod slučaja kad je hrapavost manja, nego kod slučaja

kad je ona veća (26, 208). Uzmemo li u obzir, da je za slučaj a) mjerodavan promjer d_a, a za slučaj b) d_b i da je $d_a > d_b$, razumljivo je, da je i Re_a za slučaj manje hrapavosti manji, pa — prema veličini hrapavosti — može λ_a biti veći ili manji, već prema tomu da li takvu strujanju odgovara manji ili veći Reynoldsov broj, jer kad raste Reynoldsov broj λ_a može rasti ili opadati.

Uzevši u obzir prije navedeno, dolazimo do zaključka, da ni problem jednolikog strujanja tekućine u cijevima pod tlakom različitim od atmosferskog nije još dovoljno objašnjen, a pogotovo ne problem strujanja tekućine u koritu sa slobodnom površinom. To je razumljivo, jer veličina gubitka tlaka kod jednolikog strujanja tekućine ne ovisi samo o hrapavosti stijenki korita, o koje se ona tare, o međusobnom trenju čestica, gravitaciji, gustoći. temperaturi i trenju njene slobdne površine o zrak (9a i 9b), već i o kapilarnim silama kao što su adhezija i površinski napon, zatim o obliku protjecajnog presjeka i geometrijskoj sličnosti korita, u kom ona struji, a također i o načinu njenog strujanja, t. j. da li je ono laminarno, turbulentno riječno ili turbulentno bujično (9b).

Iz rezultata dosada izvršenih pokusa uzimamo, da laminarno strujanje prelazi u turbulentno kod Re = 2320. Stoga možemo pretpostaviti, da gubitak tlaka poradi međusobnog trenja čestica kod turbulentnog strujanja dolazi do punog izražaja kod Re = ~ 2320 i da kod tog Reynoldsova broja tekućina struji turbulentno u presjeku, koji je umanjen za prijesjek, koji odgovara hrapavosti stijenki i debljini laminarnog sloja u presjeku dotičnog korita, t. j., da u tom slučaju njeno turbulentno strujanje siže iznad naboranosti stijenki korita za debljinu laminarnog sloja, pa da stoga utjecaj hrapavosti na gubitak tlaka počinje kod Re = ~ 2320 (9b).

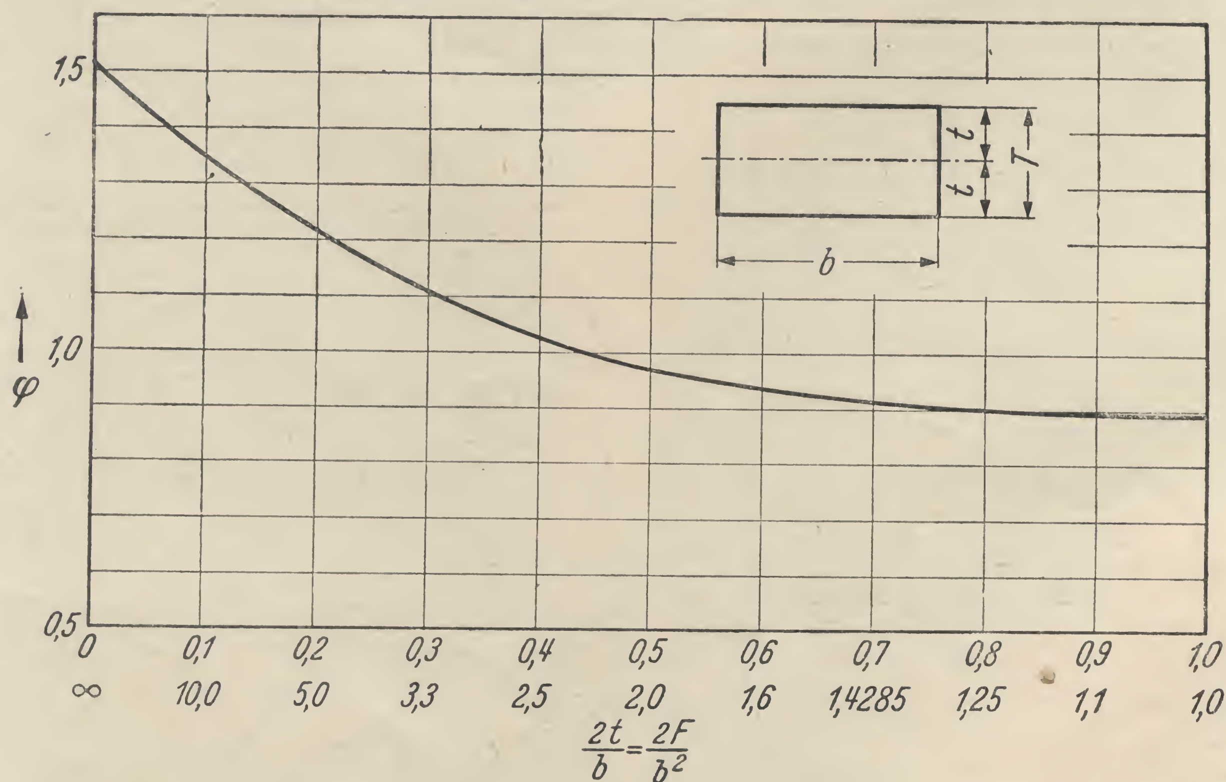
Iz rezultata pak pokusa, koje je izvršio W. Dubs (7,170) vidimo, da je strujanje djelomično turbulentno i u području, koje smatramo da odgovara laminarnom. Pretpostavimo stoga, da kod laminarnog strujanja međusobno trenje čestica tekućine uzrokuje turbulentno strujanje kod Re = ~ 580, a utjecaj hrapavosti da dolazi do punog izražaja kod Re = 2320. Kod tih pretpostavki pokušat ćemo riješiti problem strujanja tekućine koliko u cijevi, u kojoj ona struji pod tlakom različitim od atmosferskog, toliko i u koritu sa slobodnom površinom.

Za cijevi pravokutna prijesjeka različita odnosa širine b i visine 2 t ustanovljeno je, da koeficijent λ iznosi:

$$\lambda = \frac{64\,\varphi}{Re} \quad (21,\ 153), \tag{9}$$

Tablica 1

$\frac{2t}{b}$ =	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
φ =	1,5	1,345	1,2	1,1	1,025	0,97	0,94	0,919	0,905	0,895	0,89



Slika 4

gdje označuje:

Re .... Reynoldsov broj a

φ .... koeficijent, kojega je vrijednost za različite odnose $\frac{2t}{b}$ izračunata i navedena u tablici 1 i grafikonu na slici 4.

Za prijesjek kružnog oblika treba uzeti $\varphi = 1$.

Kako je pak:

$$J = \frac{\lambda v^2}{8 g R},$$

gdje označuje:

J .... relativan pad tekućine,

v .... prosječnu brzinu tekućine,

R .... hidraulički radijus i

g .... gravitaciju,

dobivamo:

$$J = \frac{8 \varphi v^2}{g R Re}, \tag{10}$$

Prema Boussinesq-u možemo primijeniti Navier — Stokesove jednadžbe i kod određivanja ravnoteže stvarnih tekućina, koje se gibaju turbulentno, ukoliko mjesto koeficijenta η uvrstimo koeficijent turbulencija ε. U tom slučaju koeficijent ε nema jednaku vrijednost za dotičnu tekućinu ni kod stanovite temperature, jer on ovisi samo o načinu gibanja tekućine i mnogo je veći od η. Što je veća razlika između slojnog i turbulentnog strujanja, to veći je ε (8, 44 i 45).

Budući da se vrtlozi u cijevi kružnog presjeka šire od središta prema obodu, možemo pretpostaviti, da utjecaj hrapavosti na gubitak tlaka počinje kod Re = 2320 i da dalje raste u omjeru $\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)$, jer gubitak tlaka kod promjene presjeka raste s kvadratom brzine, a taj je gibutak sadržan u tom omjeru. Uzevši još u obzir, da Reynoldsov broj ovisi o hidrauličkom radijusu, odnosno o promjeru cijevi i prema tome, da utjecaj relativne hrapavosti na gubitak tlaka dolazi do izražaja u Reynoldsovu broju, pretpostavimo, da gubitak tlaka zbog međusobnog trenja čestica kod slojnog strujanja, t. j. do Re = 580 jednoliko raste, a kod turbulentnog, t. j. od Re = 2320 dalje u omjeru $\left(\frac{Re - 580}{580}\right)^{1/2}$ (9a i 9b), te da utjecaj hrapavosti na gubitak tlaka počinje kod Re = 2320 i da dalje raste u omjeru $\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2$. Uz te pretpostavke ukupan gubitak tlaka kod turbulentnog strujanja tekućine u koritu pravokutna presjeka, isključivši ono, kod kojega trenje slobodne površine o zrak premaši površinski napon, pa zrak prodire u tekućinu, iznosit će:

$$J = \frac{64 \varphi}{Re}\left(1 - \frac{Re - 580}{Re}\right)\frac{v^2}{8gR} + \left(\frac{O v^2}{F k_1^2} + \frac{b v^2}{F k_2^2}\right)\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{8 \varphi v^2}{gR Re}\left(\frac{Re - 580}{580}\right)^{1/2},$$ odnosno:

$$J = \frac{O v^2}{F k_1^2}\left(1 + \frac{b k_1^2}{O k_2^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120 \varphi}{Re^2} \cdot \frac{v^2}{8gR} + \frac{8 \varphi v^2}{gRRe}\left(\frac{Re - 580}{580}\right)^{1/2}\right), \tag{11}$$

gdje označuje:

O .... omočeni opseg,

F .... omočenu površinu,

k_1^2 .... recipročnu vrijednost koeficijenta hrapavosti stijenki korita,

k_2^2 .... recipročnu vrijednost koeficijenta trenja slobodne površine o zrak i

b .... širinu slobodne površine tekućine.

Kod $\frac{F}{O} = R$ i

$$c_1^2 = \frac{k_1^2}{1 + \frac{b k_1^2}{O k_2^2}} \tag{12}$$

dobivamo iz jednadžbe (11):

$$J = \frac{v^2}{8 g R}\left[\frac{8 g}{c_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120 \varphi}{Re^2} + \frac{2{,}6575 \varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right] \tag{13}$$

gdje za polukružni prijesjek treba uzeti $\varphi = 1$.

Za cijevi, u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog, jednadžba (1) glasi:

$$J = \frac{v^2}{8 g R}\left[\frac{8 g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120 \varphi}{Re^2} + \frac{2{,}6575 \varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right] \tag{14}$$

Za cijevi kružnog presjeka promjera D, jednadžba (14) glasi:

$$J = \frac{v^2}{2 g D}\left[\frac{8 g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120}{Re^2} + \frac{2{,}6575}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right] \tag{15}$$

Kako je:

$J = \frac{\lambda v^2}{8 g R} = \frac{\lambda v^2}{2 g D}$, dobivamo iz jednadžbe (14):

a) za korita sa slobodnom površinom tekućine:

$$\lambda = \frac{8 g}{c_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120 \varphi}{Re^2} + \frac{2{,}6575 \varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}, \tag{16}$$

gdje za polukružne oblike presjeka treba uzeti $\varphi = 1$.

b) za cijevi u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog:

$$\lambda = \frac{8 g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120 \varphi}{Re^2} + \frac{2{,}6575 \varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}, \tag{17}$$

gdje za kružne oblike presjeka treba uzeti $\varphi = 1$.

Izvedene jednadžbe možemo primijeniti i za svaki drugačiji oblik presjeka, ukoliko φ odredimo za odnos:

$$\frac{2t}{b} = \frac{2F}{b^2}, \tag{18}$$

gdje *F* označuje omočenu površinu, a *b* najveću širinu korita.

Kod rješavanja praktičkih zadataka, kod kojih je Re > 10 000, možemo — bez bojazni, da ćemo napraviti veću pogrešku — uzeti, da je $\frac{37120\,\varphi}{Re^2} = \sim 0$, a kod Re > 500 000, da je $(Re - 580)^{1/2} = \sim Re^{1/2}$ i $\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 = \sim 1$.

Uz te pretpostavke jednadžba (13) glasi:

$$(19) \quad J = \frac{v^2}{8\,g\,R}\left[\frac{8\,g}{c_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right],$$

odnosno:

$$(20) \quad J = \frac{v^2}{8\,g\,R}\left(\frac{8\,g}{c_1^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re^{1/2}}\right),$$

pa je:

a) za cijevi u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog:

$$(21) \quad J = \frac{v^2}{8\,g\,R}\left[\frac{8\,g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right],$$

odnosno:

$$(22) \quad J = \frac{v^2}{8\,g\,R}\left(\frac{8\,g}{k_1^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re^{1/2}}\right);$$

b) za cijevi kružnog presjeka promjera D:

$$(23) \quad J = \frac{v^2}{2\,g\,D}\left[\frac{8\,g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575}{Re}(Re - 580)^{1/2}\right],$$

odnosno:

$$(24) \quad J = \frac{v^2}{2\,g\,D}\left(\frac{8\,g}{k_1^2} + \frac{2{,}6575}{Re^{1/2}}\right);$$

c) za koritá sa slobodnom površinom tekućine:

$$(25) \quad \lambda = \frac{8\,g}{c_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}$$

odnosno:

$$(26) \quad \lambda = \frac{8\,g}{c_1^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re^{1/2}};$$

d) za cijevi, u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog:

$$(27) \quad \lambda = \frac{8\,g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}$$

odnosno:

$$(28) \quad \lambda = \frac{8\,g}{k_1^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re^{1/2}};$$

e) za cijevi kružnog presjeka promjera *D*:

$$(29) \quad \lambda = \frac{8\,g}{k_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575}{Re}(Re - 580)^{1/2}$$

odnosno:

$$(30) \quad \lambda = \frac{8\,g}{k_1^2} + \frac{2.6575}{Re^{1/2}}.$$

Koeficijent brzine c u Chézyjevoj jednadžbi iznosi:

$$c = \sqrt{\frac{8\,g}{\lambda}}$$ pa je:

a) za korita sa slobodnom površinom tekućine:

1. kad je Re > 2320:

$$(31) \quad c = c_1 \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120\,\varphi\,c_1^2}{8\,g\,Re^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi\,c_1^2}{8\,g\,Re}(Re - 580)^{1/2}}}$$

2. kad je Re > 10 000:

$$(32) \quad c = c_1 \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,c_1^2}{8\,g\,Re}\cdot(Re - 580)^{1/2}}}$$

3. kad je Re > 500 000:

$$(33) \quad c = c_1 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,c_1^2}{8\,g\,Re^{1/2}}}};$$

b) za cijevi u kojima tekućina struji pod tlakom različitim od atmosferskog:

1. kad je Re > 2320:

$$(34) \quad c = k_1 \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{37120\,\varphi\,k_1^2}{8\,g\,Re^2} + \frac{2{,}6575\,\varphi\,k_1^2}{8\,g\,Re}(Re - 580)^{1/2}}};$$

2. kad je Re > 10 000:

$$(35) \quad c = k_1 \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,k_1^2}{8\,g\,Re}\cdot(Re - 580)^{1/2}}};$$

3. kad je Re > 500 000:

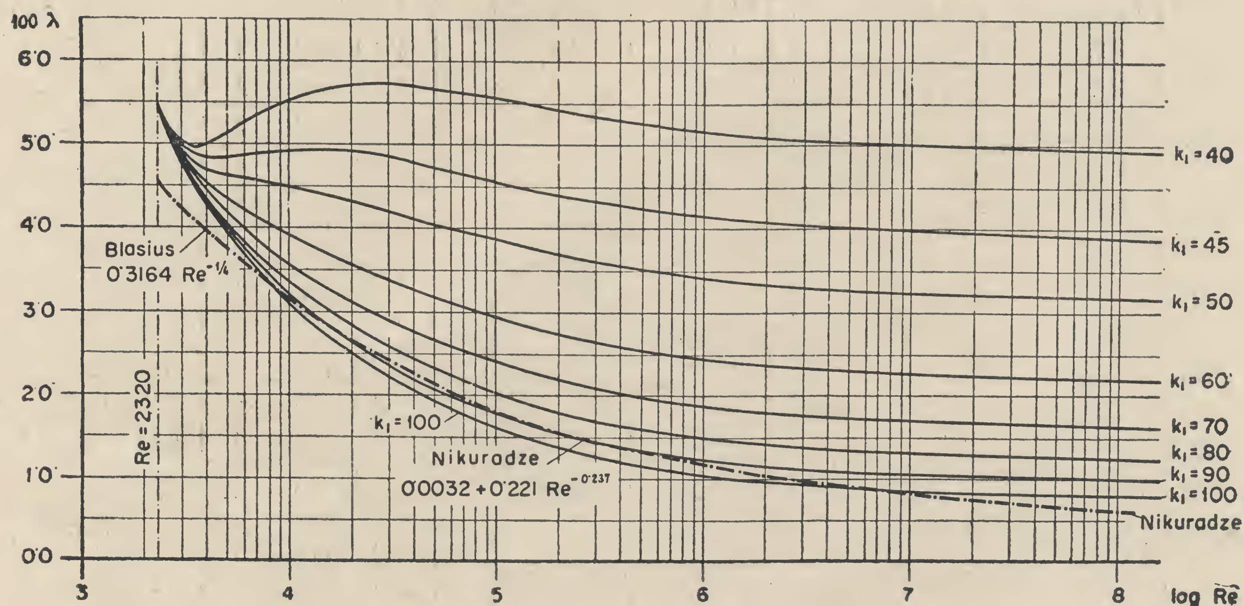
$$(36) \quad c = k_1 \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,k_1^2}{8\,g\,Re^{1/2}}}},$$

gdje za kružne oblike presjeka treba uzeti $\varphi = 1$.

Rezultati, koje dobivamo primjenom izvedenih jednadžbi za cijevi kružnog presjeka kod različitih Reynoldsovih brojeva i za različite vrijednosti k_1, navedeni su u tablici 2 i grafički prikazani na slici 5.

Tablica 2

Re	100λ								
	$k_1=100$	$k_1=95$	$k_1=90$	$k_1=80$	$k_1=70$	$k_1=60$	$k_1=50$	$k_1=45$	$k_1=40$
2320	5.467	5,467	5,467	5,467	5,467	5,467	5,467	5,467	5,467
3.10^3	4,788	4,793	4,798	4,811	4,831	4,898	4,910	4,948	5,002
4.10^3	4,256	4,271	4,289	4,334	4,400	4,502	4,661	4,801	4,982
5.10^3	3,946	3,970	3,999	4,073	4,181	4,347	4,622	4,834	5,130
7.10^3	3,468	3,505	3,550	3,666	3,833	4,091	4,520	4,849	5,310
10^4	3,079	3,128	3,187	3,339	3,561	3,902	4,468	4,902	5,509
$1,5.10^4$	2,704	2,765	2.835	3,019	3,288	3,701	4,386	4,912	5,648
2.10^4	2,474	2,540	2,581	2,819	3,112	3,564	4,314	4,889	5,694
3.10^4	2,191	2,263	2,348	2,567	2,887	3,379	4,196	4,822	5,699
4.10^4	2,017	2,092	2,181	2,409	2,742	3,255	4,107	4,760	5,674
5.10^4	1,896	1,973	2,063	2,297	2,639	3,165	4,037	4,707	5,643
7.10^4	1,735	1,814	1,904	2,147	2,498	3,039	3,936	4,624	5,587
10^5	1,589	1,669	1,764	2,010	2,364	2,920	3,835	4,538	5,520
2.10^5	1,360	1,443	1,540	1,791	2,158	2,723	3,660	4,380	5,386
4.10^5	1,196	1,279	1,377	1,632	2,003	2,575	3,523	4,250	5,268
5.10^5	1,153	1,237	1,335	1,590	1,962	2,535	3,486	4,215	5,235
6.10^5	1,122	1,206	1,304	1,560	1,932	2,506	3,458	4,189	5,210
8.10^5	1,077	1,162	1,260	1,516	1,889	2,464	3,418	4,150	5,174
10^6	1.047	1,131	1,230	1,486	1,860	2,436	3,390	4,123	5,148
$1,5.10^6$	0,999	1,083	1,182	1,439	1,813	2,388	3,346	4,080	5,106
2.10^6	0,971	1,056	1,154	1,411	1,788	2,363	3,320	4,054	5,082
5.10^6	0,903	0,988	1,087	1,344	1,719	2,297	3,255	3,991	5,019
10^7	0,869	0,954	1,053	1,310	1,685	2.263	3,222	3,958	4,987
2.10^7	0.844	0,929	1,028	1,285	1,661	2,239	3,197	3,934	4,963
5.10^7	0.822	0,907	1,006	1,264	1,639	2,217	3,176	3,903	4,942
10^8	0,791	0,876	0,975	1,233	1,608	2,187	3,146	3,882	4,911
∞	0,785	0,870	0,969	1,226	1,602	2,180	3,139	3,876	4,905



Slika 5

Budući da su različiti autori dali jednadžbe, pomoću kojih možemo izračunati koeficijent λ kod turbulentnog strujanja bilo tekućine bilo uzdušnine u »glatkim« cijevima, usporedit ćemo rezultate, koje dobivamo primjenom tih jednadžbi, s rezultatima pokusa, koje je izvršio E. Hoeck (7, 175 i 11).

Za čelične cijevi, koje su uzdužno i poprečno spojene zavarivanjem, E. Hoeck je dobio:

za Re = 576,000 ..... λ = 0,0120,

za Re = 3,427,000 ..... λ = 0,0108.

Izračunamo li koeficijent λ primjenom jednadžbi, koje su dali: C. W. Harris, J. Nikuradze, L. Schiller, kao i primjenom jednadžbe 17 za $\varphi = 1$ i $k_1 = 93{,}4$, dobivamo rezultate navedene u tablici 3 (9b).

Tablica 3

D=1020	Hoeck λ	Harris λ'	Nikuradze λ'	Schiller λ'	Jednadžba 17 λ'
Re = 576,000	0,012	0,01271	0,01269	0,01281	0,01241
$100\,\frac{\lambda - \lambda'}{\lambda}$ =		— 5,91	— 5,55	— 6,75	—. 3,41 %
Re = 3,427,000	0,0108	0,00975	0,00945	0,00974	0,01041
$100\,\frac{\lambda - \lambda'}{\lambda}$ =		+ 9,72	+ 12,5	+ 9,81	+ 3,61 %

Iz te tablice vidimo, da se rezultati, koje dobivamo primjenom jednadžbe (17), najmanje razlikuju od onih, koje je dobio E. Hoeck na podlozi stvarnih izmjera. Osim toga vidimo i to, da je za tu hrapavu cijev kod Re = 576,000, na temelju stvarnih izmjera, dobiven rezultat, koji je manji od onog, koji dobivamo primjenom jednadžbi za »glatke« cijevi.

Da bismo pak mogli usporediti rezultate, koje dobivamo primjenom jednadžbe (17) i one Prandtl — v. Kàrmàna, odnosno i Colebrooka, moramo najprije utvrditi koji k_1 odgovara relativnoj hrapavosti ε. Kod strujanja tekućine u »potpuno hrapavom« režimu, imaju krivulje koeficijenta λ istu tangentu za prirodnu i umjetnu hrapavost (21, 135) a njihova jednadžba glasi:

$$x = 200 = \mathrm{Re}\,\frac{\varepsilon}{D}\sqrt{\lambda},$$

$$y = 1{,}14 = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} - 2\log\frac{D}{\varepsilon}.$$

Uzevši to u obzir dobivamo iz jednadžbe (29):

$$(37)\quad k_1 = \left(\frac{\mathrm{Re} - 2320}{\mathrm{Re}}\right)\Bigg/\sqrt{\frac{8g}{\lambda - \frac{2{,}6575}{\mathrm{Re}}(\mathrm{Re} - 580)^{1/2}}}$$

Slika 6

Izračunamo li koeficijent λ pomoću jednadžbe za y, a Re pomoću jednadžbe za x za različitu relativnu hrapavost $\frac{\varepsilon}{D}$, dobivamo primjenom jednadžbe (37):

za $\frac{\varepsilon}{D}$ =	$\frac{1}{30}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{50{,}000}$
λ =	0,05965	0,03785	0,02339	0,009005
Re =	24,570	102,827	658,327	105,385,182
k_1 =	38,72	50,30	62,25	93,72

Rezultati, koje dobivamo primjenom jednadžbe (17) odnosno (29) za k_1 = 38,72, 50,30, 62,25 i 93,72, koji odgovaraju relativnoj hrapavosti

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{30}, \frac{1}{100}, \frac{1}{500} \text{ i } \frac{1}{50{,}000},$$

prikazani su u dijagramu na slici 6.

Iz tog dijagrama vidimo, da se rezultati, koje dobivamo primjenom jednadžbe (17) za k_1 = 38,72 i Re $>$ 5,000, dovoljno točno slažu s rezultatima, koje je dobio Nikuradze za relativnu hrapavost $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{30}$. Isto tako vidimo, da se dobiveni rezultati za k_1 = 50,3 i Re $>$ 10 000 dovoljno točno slažu s rezultatima, koje je dobio Colebrook za relativnu hrapavost $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{100}$, ali da se manje slažu rezultati, koje dobivamo za $\frac{\varepsilon}{D} = \frac{1}{500}$ i $\frac{1}{50{,}000}$. Uzmemo li pak u obzir, da se ne slažu ni rezultati, koje je dobio Colebrook za iz nutra bitumenom premazanu čeličnu cijev i cijev od livenog željeza, možemo zaključiti, da Prandtl — v. Kàrmànova, odnosno i Colebrookova jednadžba odgovara samo za stanovitu, ali ne i svaku prirodnu hrapavost.

Iz dijagrama vidimo i to, da za x $>$ 200, primjenom jednadžbe (17) dobivene vrijednosti za y nijesu jednake, jer se y i u potpuno hrapavom području povećava, što je u skladu s tvrdnjom Boussinesq-a, da je koeficijent turbulencije to veći, što je veća razlika između laminarnog i turbulentnog strujanja (8,44 i 45), a također i s rezultatima, koje dobivamo primjenom novijih jednadžbi (10, 232—235), koje uzimaju u obzir rezultate stvarno izvršenih pokusa.

Uzevši sve to u obzir, može se reći, da rezultati Coolebrookovih pokusa odgovaraju rezultatima, koje dobivamo primjenom jednadžbe (5), samo za stanovitu relativnu prirodnu ili umjetnu hrapavost te da rezultati Nikuradzeovih pokusa s umjetnom hrapavosti odgovaraju i onim s prirodnom hrapavosti.

Tablica 4

D u mm	Spoj cijevi	Re · 10^{-6}	V	100λ	k_1	100λ'	$\frac{\lambda-\lambda'}{\lambda}$	Opaska
1020	gladak	0,576	0,888	1,20	93,4	1,242	— 3,49	cijevi, koje su uzdužno i poprečno spojene zavarivanjem.
1020	„	3,427	5,280	1,08	93,4	1,041	+ 3,57	
1150	kolčak	0,511	0,698	1,30	92,5	1,281	+ 1,50	
1150	„	3,038	4,150	1,05	92,5	1,068	— 1,73	
1200	„	0,508	0,663	1,30	92,0	1,292	+ 0,65	
1200	„	2,871	3,758	1,08	92,0	1,082	— 0,20	
1075	gladak	1,319	1,806	1,30	88,2	1,236	+ 4,91	
1075	„	3,070	4,210	1,10	88,2	1,152	— 5,22	
2210	kolčak sa zakovicama	0,457	0,311	1,70	77,9	1,673	+ 1,59	cijevi, koje su uzdužno spojene zavarivanjem a poprečno zakovicama.
2210	„	5,950	4,050	1,38	77,9	1,401	— 1,49	
1456	sa zakovicama	0,402	0,360	1,90	72,2	1,907	— 0,37	cijevi, koje su uzdužno i poprečno spojene zakovicama
1456	„	3,930	3,528	1,65	72,2	1,637	+ 0,76	
1413	„	0,414	0,383	1,98	71,2	1,943	+ 1,84	
1413	„	4,049	3,745	1,75	71,2	1,679	— 1,73	
1502	„	0,388	0,338	2,00	70,1	2,001	— 0,05	
1502	„	3,805	3,310	1,73	70,1	1,732	+ 0,10	

U tablici 4 navedene su vrijednosti koeficijenta λ, koje je ustanovio E. Hoeck (7, 175 i 176) kod starih i novih cijevi, kojima se dovodi voda pod tlakom većim postrojenjima za iskorišćivanje snage vode i vrijednosti, koje dobivamo primjenom jednadžbe (29) za stanovite vrijednosti k_1 (9a).

Iz te tablice vidimo, da se rezultati, koje dobivamo primjenom jednadžbe (29) mnogo ne razlikuju od stvarno izmjerenih, odnosno da razlike u dobivenim rezultatima ne premašuju pogreške, koje se pojavljuju kod same izmjene. Osim toga vidimo, da se koeficijent k_1 i kod cijevi, koje su od jednakog materijala i jednako spajane, ne samo ne smanjuje s povećanjem promjera cijevi, već i da opada. Ta činjenica opravdava mišljenje, da relativna hrapavost ne utječe toliko na gubitak tlaka, koliko na veličinu Reynoldsova broja.

Rezultati, koje dobivamo primjenom jednadžbe (16), odnosno (25) i (26) za korita sa slobodnom površinom tekućine uz pretpostavku, da je $k_1 = 72\ m^{1/2}\ sek^{-1}$ i $k_2 = 170\ m^{1/2}\ sek^{-1}$ za riječno, a $k_2 = 300\ m^{1/2}\ sek^{-1}$ za bujično strujanje, jer je kod bujičnog strujanja površina tekućine glatka pa stoga i k_2 treba uzeti većim, dovoljno se točno slažu s rezultatima pokusa, koje je izvršio H. Bazin (8, 164) s koritom pravokutna presjeka kod različite dubine, jer ne premašuju pogreške, koje možemo imati kod same izmjere (9b).

Izvršenim pokusima ustanovio je H. Bazin, da je — kod jednake hrapavosti, jednakog hidrauličkog radijusa i jednake brzine — kod polukružnog oblika presjeka korita pad 20% manji od onog kod pravokutna oblika presjeka (15, 174).

Usporadimo li pad, koji treba dati koritu pravokutna oblika presjeka, da polučimo jednaku brzinu kao u polukružnom obliku presjeka jednake hrapavosti i jednakog hidrauličkog radijusa, dobivamo iz jednadžbe (19), odnosno (20):

$$(38)\quad \frac{J}{J'} = \frac{\frac{8\,g}{c_1^2}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi}{Re}(Re - 580)^{1/2}}{\frac{8\,g}{c'^2_1}\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575}{Re}(Re - 580)^{1/2}}$$

odnosno:

$$(39)\quad \frac{J}{J'} = \frac{c'^2_1\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,c_1^2}{8\,g\,Re}(Re - 580)^{1/2}}{c_1^2\left(\frac{Re - 2320}{Re}\right)^2 + \frac{2{,}6575\,c'^2_1}{8\,g\,Re}(Re - 580)^{1/2}}$$

Kod Re $>$ 500,000 možemo uzeti, da je:

$$(40)\quad \frac{J}{J'} = \frac{c'^2_1}{c_1^2} \cdot \frac{1 + \frac{2{,}6575\,\varphi\,c_1^2}{8\ g\ Re^{1/2}}}{1 + \frac{2{,}6575\,c'^2_1}{8\ g\ Re^{1/2}}}.$$

Rezultati, koji su dobiveni primjenom jednadžbe (39) odnosno (40) za različite Reynoldsove brojeve i različite odnose stranica korita pravokutna i polukružna oblika presjeka jednake hrapavosti i jednakog hidrauličkog radijusa (9b), dokazuje, da — kod većih razlika u odnosu stranica korita pravokutna presjeka te za manju hrapavost i manje Reynoldsove brojeve — dobivamo veće procentualne razlike u padu i da te razlike mogu biti i veće od 20%, ali i manje, čak i negativne, t. j., da bi — za postignuće jednake brzine — trebalo dati polukružnom presjeku veći pad od onog, koji bismo dali koritu pravokutna oblika presjeka, kad je odnos stranica $\frac{2\,t}{b} > 0{,}44$. Stoga je opravdana primjedba Gentilinija, da to pitanje — usprkos Bazinovu nalazu — treba smatrati otvorenim, jer se nijesu ponavljala slična ispitivanja (16, 174).

Iz navedenih primjera vidimo, da se rezultati, koje dobivamo primjenom ovdje izvedenih jednadžbi, dovoljno točno slažu s rezultatima, koji su dobiveni neposrednim izmjerama koliko kod strujanja vode u koritu sa slobodnom površinom, toliko i kod njenoga strujanja u cijevi pod tlakom, koji je različit od atmosferskog, jer one obuhvaćaju sve one faktore, koji mogu znatnije utjecati na veličinu gubitka tlaka. Uzmemo li još u obzir, da su nam rezultati, koje dobivamo primjenom izvedenih jednadžbi, omogućili objasniti i stanovita neslaganja rezultata stvarnih izmjera prosječne brzine, odnosno i pada s rezultatima, koje dobivamo računanjem pomoću dosadašnjih jednadžbi, možemo očekivati, da će nam ovdje izvedene jednadžbe bolje poslužiti od dosadašnjih ne samo kod rješavanja praktičkih zadataka, već i onih, koje rješavamo vršenjem pokusa.

Literatura:

[1] Bier P. J.: Welted Steel Penstocks-design and construction. Engineering Monographs No 3. Bureau of Reclamation, Denver, Colorado 1949.

[2] Biesel F.: Mathematical interpretation of »Nikuradze's Harp« from some physical hypotheses. La Houille Blanche, No special A/1954, Grenoble.

[3] Colebrook C. F.: Turbulent flow in pipes with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipes laws. Journal of the Inst. of Civ. Eng., London, Vol. 11, 1938—1939, str. 133—156.

[4] Cornisch R. J.: Flow in a pipe of rectangular cross-section. Proc. Roy. Soc.. London (A), sv. 120 iz g. 1928.

[5] Davis S. C. i White C. M.: An experimental study of the flow of water in pipes of rectangular section. Proc. Roy. Soc., London (A), sv. 119 iz g. 1928.

[6] Durand R. et Condolis E.: Mesure des pertes de charge en eau claire dans des conduites de remblayage hydraulique. La Houille Blanche, 1954.

[7] Dubs R.: Angewandte Hydraulik, Zürich 1947.

[8] Forchheimer Ph.: Hydraulik. Leipzig u. Berlin 1930.

[9] Franković A.: a) Uniform turbulent flow of fluid. I. A. H. R. Hag 1955, b) Gubitak tlaka kod jednolikog strujanja tekućine. Građevinar br. 6. iz g. 1956., Zagreb.

[10] Frenkel H. Z.: Gidraulika. Moskva — Lenjingrad 1956.

[11] Hoeck E.: Druckverlust in den Druckleitungen grosser Kraftwerke. Diss E. T. H. Zürich 1943.

[12] v. Kàrmàn Th.: Mechanische Ähnlichkeit und Turbulenz. Nachr. Ges. Wiss., Göttingen 1930, Fachgruppe I. Mathematik, No 5.

[13] Kaufmann W: Technische Hydro — und Aeromechanik. Berlin-Heidelberg 1954.

[14] Kirschmer O.: a) Der gegenwärtige Stand unserer Erkenntnisse über Rohrreibung. Das Gas-u. Wasserfach, Heft 16/18 iz g. 1953., b) Kritische Betrachtungen zur Frage der Rohrreibung. Ztschr. d. V. D. Ing., Bd. 94, No24 iz g. 1952.

[15] Marchetti A.: Determinazione sperimentale delle perdite carico in tubi al' acciaio senza saldatura zincati a fuoco. L'Energia Elettrica, Vol. XXX. 1953.

[16] De Marchi G.: Hidraulika I. dio, Naučna knjiga, Beograd 1949. Prijevod.

[17] Moris N. H.: A new concept of flow in rough conduits. Proceedings ASCE, Vol. 80, 1954., New-York.

[18] Naumann A.: Druckverlust in Rohren nicht kreisförmigen Querschnittes bei hohen Geschwindigkeiten. Zeitschr. f. ang. Math. u. Mech., Ingenieurswiss. Forschungsarbeiten. Sonderheft, Göttingen 1955.

[19] Nikuradze J.: a) Gesetzmässigkeiten der turbulenten Strömung in glatten Röhren. V. D. I., Forschungsheft No 356 iz 1932. g. b) Strömungsgesetze in rauhen Röhren. V. D. I. Forschungsheft No 361 iz g. 1933.

[20] Prandtl L.: Neure Ergebnisse der Turbulenzforschung., Z. d. V. D. I. iz 1933.

[21] Richter H.: Rohrhydraulik, Berlin 1954.

[22] Rouse H.: Engineering Hydraulics, New-York 1950.

[23] Saph V. u. Schoeder E. H.: An experimental study of the resistence to the flow of water in pipes. Trans. Americ. Soc. Civ. Engineers, Vol. 51 iz g. 1903.

[24] Stanton T. E. and Pannel J. R.: Similitary of motion in relation to the surface friction of fluids. Proc. Roy. Soc. London (A), Vol. 214 iz g. 1914.

[25] Straub G. L., Silberman E. and Nelson C. H.: Some observations on open channel flow at small Reynolds numbers. Journal of the Engineering mechanics division. Proceedings ASCE, Vol. 82 iz g. 1956.

[26] Streeter V.: Fluid mechanics, New-York — London 1951.

[27] Varwick F.: Zur Fliessformel für offene künstliche Gerinne. Diss., Dresden 1944.

UTJECAJ TEHNIČKIH ELEMENATA PUTA NA TROŠKOVE GRAĐENJA, ODRŽAVANJA I TRANSPORTA

Ing. **Albin Jerin**, Ljubljana

I. Uvod

Tehnički elementi su tehnički podaci, koji karakterišu voznu brzinu puta, njegovu širinu, njegov horizontalni i vertikalni pravac i oblik trupa.

Najvažniji tehnički elementi jesu:

1. vozna brzina,
2. horizontalne krivine,
3. širina kolovoza,
4. uzdužni nagib kolovoza,
5. poprečni nagib kolovoza,
6. pregledne razdaljine,
7. zastor kolovoza.

Tehnički elementi puta zavise ili bi barem morali uglavnom zavisiti od saobraćajnih potreba za koje je put sagrađen.

U tehnički vrlo razvijenim državama motorni je saobraćaj tako napredovao, da su se morale tačno analizirati saobraćajne potrebe i s njima usklađivati tehnički elementi.

Putevi su privredne gradnje; zato tehnički elementi puteva moraju biti tako izabrani, da se putevi u doglednom vremenu amortiziraju i da poslije amortizacije donose što veći prihod.

Putevi su gradnje, koje mogu estetski mnogo utjecati na svoju okolinu; zato se u izvesnim slučajevima moraju neki tehnički elementi puta određivati prema estetskim zahtjevima.

Kriteriji za estetske zahteve nisu egzaktni, zato pri utvrđivanju estetskih kriterija gdjekada pretjerano ističemo estetske zahtjeve ili potpadamo pod utjecaj više ili manje uspjelih odgovarajućih stranih mjerila, koji u većini slučajeva ne odgovaraju našim prilikama.

II. Analiza pojedinih tehničkih elemenata puta

1. Vozna brzina i horizontlne krivine

Najvažniji je elemenat puta brzina puta, jer presudno utiče na sve ostale elemente.

Računska vozna brzina puta je brzina, za koju je put projektovan. Pri tom je mišljena brzina, kojom može voziti prosječan vozač bez naročitog živčanog napora u toku normalnog radnog vremena. Računska brzina puta može biti za cio put konstantna, a može se na pojedinim otsjecima i mijenjati. Kod važnijih puteva težimo za tim, da u jednakim terenskim predjelima održimo jedinstvenu računsku brzinu; kod manje važnih puteva vozna brzina treba da se prilagodi terenskim prilikama na kraćim otsjecima.

Kod određivanja vozne brzine moramo biti svijesni, da vozna brzina znatno utiče na gradjevne i prijevozne (transportne) troškove.

Uticaj vozne brzine na građevne troškove

Od predviđene vozne brzine zavise gotovo svi važniji tehnički elementi puta, a prije svega horizontalne krivine.

Radius zaobljenosti horizontalnih krivina je srazmjeran kvadratu brzine. Opšta relacija između obje vrijednosti je:

$$v = n\sqrt{R};$$

v = vozna brzina,

R = radius zaobljenosti horizontalne krivine,

n = faktor, koji ohuhvata elemente trenja, poprečnog nagiba i ubzanja prostog pada.

Što je, dakle, veća vozna brzina, to veći je radius horizontalne krivine, a prema tome i građevni troškovi.

U našem dosadašnjem tehničkom zakonodavstvu bile su propisane prevelike vrijednosti za računske brzine: za autoputeve 60—150 km/h, za puteve za mješoviti saobraćaj 60—120 km/h. Tim vrijednostima odgovaraju za autoputeve minimalni radiusi horizontalnih krivina 160—1 000 m, za puteve za mješoviti saobraćaj 135—550 m. Te su vrijednosti za naše prilike previsoke, jer kod sadašnjeg stupnja našeg privrednog razvoja vrijeme vožnje još nema takvog značenja kao u privredno više razvijenim državama i jer na velikoj većini naših puteva još uvijek imamo mnogo zaprežnog saobraćaja, koji ometa razvijanje većih voznih brzina.

U SAD je za puteve sa ukrštanjima izvan nivoa propisana brzina 112 km/h, a za puteve s ukrštanjima u nivou predviđene su brzine u granicama od 80—95 km/h za putničke automobile, i od 56—72 km/h za teretne automobile.

Iz pretjerano velikih računskih brzina rezultiraju prije svega prevelike horizontalne i vertikalne krivine, što ima za posljedicu suviše velike građevne troškove. Uticaj smanjenja radiusa horizontalnih krivina na građevne troškove teško je izraziti i prikazati u brojevima, jer ti troškovi zavise prije svega od konfiguracije terena, koja se praktično može pojavljivati u bezbrojnim varijacijama. Pri presijecanju terenskih grebena horizontalnim ili blagostrmim grebenom građevni troškovi mogu kod manjih krivina biti čak veći nego kod većih krivina, dok su kod vrlo strmih grebena i jaruga oni za manje krivine uvijek znatno manji.

Najnoviji prijedlog Savezne uprave za puteve predviđa za računske brzine na putevima znatno manje vrijednosti od ranije propisanih. Za autoputeve su predviđene granice za računsku brzinu 60—120 km/h, a za puteve za mješoviti saobraćaj 30—90 km/h.

Uticaj vozne brzine na transportne troškove

Glavni transportni troškovi jesu:

a) plaće za šofere i službenike,

b) troškovi za gorivo, mazivo, gume i popravke vozila,

c) amortizacija vozila i svih osnovnih sredstava za održavanje vozila,

d) kamate na kapital za nabavku vozilâ i osnovnih sredstava, potrebnih za održavanje vozila,

e) osiguranje i porezi na motorna vozila i sve uređaje za održavanje vozila.

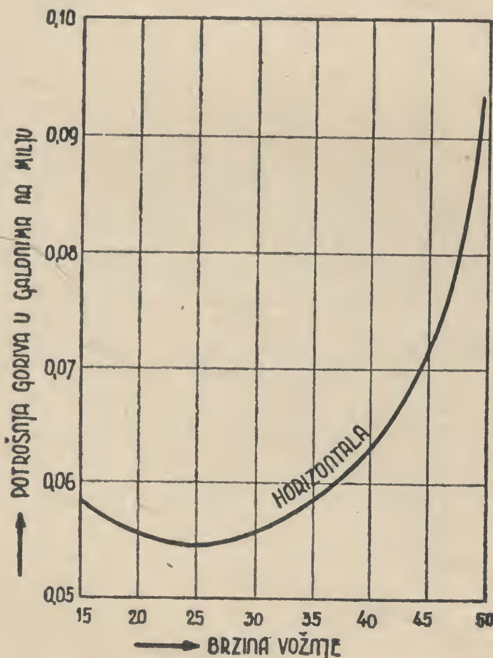
Ekonomija transporta zavisi od svih navedenih faktora, a većina tih faktora je više ili manje zavisna od vozne brzine.

Plaće šoferima i službenicima, amortizacija, kamate, osiguranje i porezi na vozila i na sva osnovna sredstva, potrebna za održavanje vozila, linearne su funkcije vozne brzine, troškovi za gorivo, mazivo, gume i popravke vozila nisu linearne funkcije vozne brzine.

Presudni faktor za ekonomiju transporta je u većini slučajeva potrošnja goriva, koja pada od najmanjih voznih brzina do neke optimalne vozne brzine, a od ove dalje opet raste.

U skici 1 i 2 prikazana je krivulja utroška goriva u zavisnosti od vozne brzine za američke putničke automobile, odnosno za švajcarske srednjeteške teretne automobile kod vožnje u ravnici.

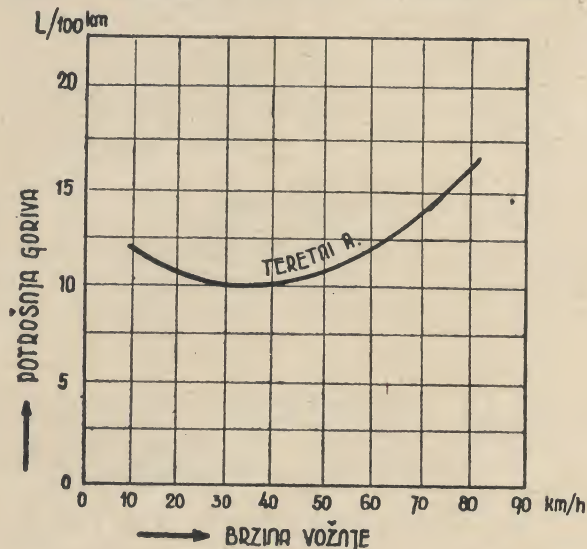
Iz pokazanih skica se vidi, da je najmanji utrošak goriva za putničke automobile kod vozne brzine 40 km/h, a za srednjeteške teretne automobile kod vozne brzine 35 km/h. Najmanja brzina s obzirom na potrošnju goriva u većini slučajeva nije ekonomska brzina. Kod presuđivanja saobraćajne ekonomičnosti treba uvijek uzimati u obzir i još vrijeme vožnje. Ono je linearna funkcija vozne brzine, s kojom je u obrnutom razmjeru.



Skica 1

Utrošak goriva u zavisnosti od brzine u vožnji u horizontali

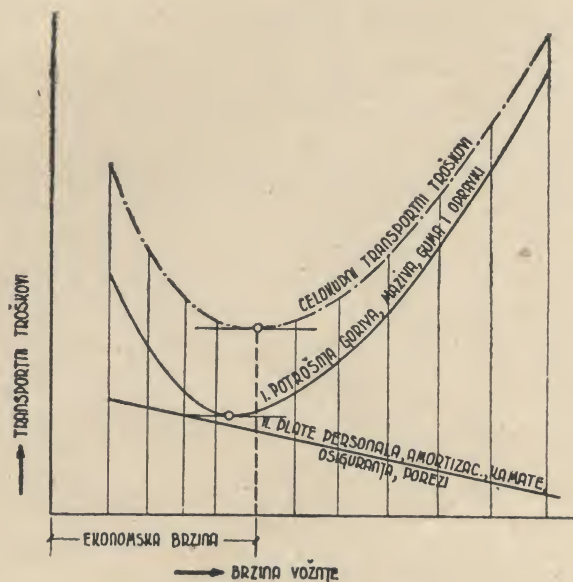
Svi ranije navedeni faktori, koji utiču na ekonomiju transporta i koji su linearne funkcije vozne brzine, u direktnoj su razmjeri s vremenom vožnje.



Skica 2

Zavisnost utroška goriva od vozne brzine za teretni automobil

Ekonomsku brzinu za neki put najlakše određujemo grafički tako, da na apscisnoj osi unesemo voznu brzinu, a na ordinate za svaku brzinu odgovarajuće ukupne transportne troškove. U skici 3 pokazani su troškovi za gorivo, mazivo, gume i popravke, odvojeno od troškova za plaće personala, amortizaciju, kamate osiguranje i poreze. Dalje su u toj skici pokazani i cjelokupni transportni troškovi, koje dobivamo, ako saberemo troškove po krivulji I i pravoj II.



Skica 3

Iz skice 3 se vidi, da svi faktori, koji su linearne funkcije vozne brzine i obrnuto su razmjerni sa voznom brzinom, povećavaju ekonomsku brzinu.

Uopšte, ekonomska brzina zavisi, osim od dosada navedenih faktora, još i od vrste i jačine saobraćaja, od visinskih karakteristika drumske trase i od vrste zastora.

Teorijski bi trebalo određivati ekonomsku brzinu za svaki put posebno. U istim ili sličnim privrednim prilikama, vrijednosti za ekonomsku brzinu teorijski se ne bi bitno razlikovale; zato možemo za istu vrstu puta postaviti neku prosječnu vrijednost.

Iz dosadašnjih razmatranja možemo zaključiti, da su ekonomske brzine razmjerno male vrijednosti. Mogućnosti vozila daleko nadmašuju te vrijednosti.

Mada se u proizvodnji motornih vozila, naročito u posljednje vrijeme, vidi tendencija, da se ekonomska brzina vozila što više približi maksimalnoj brzini vozila, ipak su razlike između maksimalne i ekonomske vrijednosti još uvijek velike.

U tehnički vrlo razvijenim državama, gdje je proučavanje saobraćajne ekonomike na visokom stupnju, pokušava se saobraćajnim propisima računsku i voznu brzinu što više približiti ekonomskoj voznoj brzini. U SAD je ta tendencija očigledna. Nasuprot velikoj brzinskoj mogućnosti (sposobnosti) američkih automobila, propisane vozne brzine su umjerene, a kontrola provođenja tih propisa vrlo je stroga. Za orijentaciju navodim procente povećanja transportnih troškova, ne uzimajući u obzir vrijeme vožnje kod povećanja vozne brzine od 60 na 100 km/h za prilike u SAD:

Vozna brzina km/h	Transportni troškovi %
60	100
80	125
100	163

2. Širina kolovoza

Širina kolovoza zavisi od gustine i vrste saobraćaja i od propusnosti puta, a propustnost puta zavisi prije svega od vozne brzine i od discipline vozača.

Uticaji gustine i vrste saobraćaja, propusnosti puta i vozne brzine na širinu puta ne mogu se odvojeno pretresati, jer su u međusobnoj zavisnosti.

Put mora u nekom određenom vremenu propustiti stanovitu množinu saobraćaja. Ukoliko je veća gustina saobraćaja, utoliko mora biti veća propusnost puta. Veća propusnost puta iziskuje veću brzinu, a za veću brzinu potrebna je veća širina puta, jer se s porastom brzine povećava međusobna razdaljina između vozila, koja se mimoilaze ili prestižu, kao i sigurnosna razdaljina spoljnih točkova do ivice puta.

Kod određivanja širine puta zahtijevana propusnost puta, u pretežnoj većini država nije odlučujući faktor. Širine puta se određuju s obzirom na računsku brzinu, za koju se gotovo svugdje i kod svih vrsta puteva ističe zahtjev, da mora biti konstantna. Zahtjev u pogledu konstantnosti računske brzine, i to u većini slučajeva prilično visoke, ima za posljedicu, da je propusnost puta znatno veća nego što je iziskuju saobraćajne potrebe. Takvi putevi su za vožnju vrlo udobni, ali su neekonomični.

N a v e d e n a p o g r e š k a n a j v i š e d o l a z i o d č i n j e n i c e, š t o s e e l e m e n t i p u t a o d a b i r a j u n a o s n o v u a d m i n i s t r a t i v n e k a t e g o r i z a c i j e p u t e v a, a n e n a o s n o v u s a o b r a ć a j n o g o p t e r e ć e n j a, š t o b i b i l o j e d i n o p r a v i l n o. Tako imamo, na primjer, u našim propisima za projektovanje puteva za puteve istog administrativnog reda iste širine, bez obzira na sadašnji i perspektivni saobraćaj na tim putevima.

Ako želimo puteve ekonomski graditi, moramo ih svakako i tehnički kategorisati i odrediti elemente puteva s obzirom na sadašnje i perspektivne saobraćajne potrebe. U SAD i drugim, tehnički vrlo razvijenim državama, puteve kategorišu prema gustini i vrsti saobraćaja. Za ilustraciju navodim način klasifikacije i pojedinim razredima puteva odgovarajuće širine u državi Pensilvanija.

Standardi za širine kolovoza u SAD su određeni ponajviše na osnovu eksperimenata.

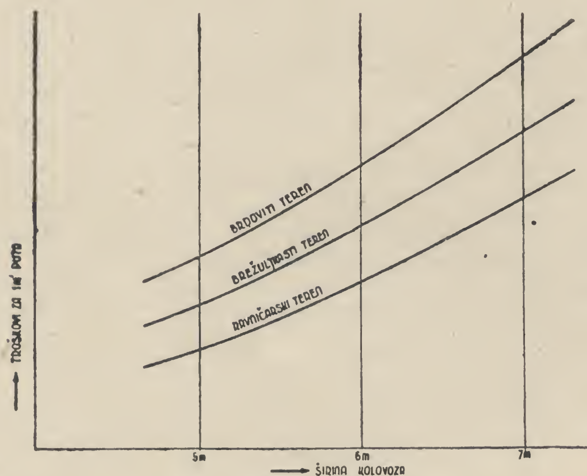
Razred puta	Broj vozila	Procenat teretnih automobila	Širina puta	Cjelokupna širina kolovoza
1	10 000 - 20 000	25% ili više teretnih automobila ili ukupan broj automobila više nego 13 000	4 puta po 3,66	14,64
		manje nego 25% teretnih automobila ili ukupan broj automobila manje nego 13 000	4 puta po 3,35	13,40
2	5 000 – 10 000	25% ili više teretnih automobila ili ukupan broj automobila više nego 7 000	3 puta po 3,66	10,98
		manje nego 25% teretnih automobila ili ukupan broj automobila manje nego 7 000	3 puta po 3,35	10,05
3	1 500 5 000	25% ili više teretnih automobila ili ukupan broj automobila više nego 3 500	2 puta po 3,66	7,32
		manje nego 25% teretnih automobila ili ukupan broj automobila manje nego 3 500	2 puta po 3,35	6,70
4	800 1 500	—	6,09	6,09
5	400 – 800	—	5,49	5,49
6	200 – 400	—	4,88	4,88
7	manje nego 200	—	4,27	4,27

Kad bi kod nas bili postavljeni gore navedeni kriteriji za kategorizaciju puteva, naši putevi sa najjačim saobraćajnim opterećenjem, uzimajući u obzir sadašnji saobraćaj, došli bi u 6. razred sa širinom kolovoza 4,88 m, a uzimajući u obzir perspektivni saobrajać, u 5. ili 4. razred sa širinom kolovoza 5,49—6,09 m.

Za puteve I. reda naši propisi predviđaju širinu 3,00 do 3,75 m. Ipak donja se granica upotrebljava samo u brdovitim predjelima, pa i to tek u posljednje vrijeme.

Za naše saobraćajne prilike širina kolovoza 7,50 m opravdana je samo za autoputeve.Za puteve I. reda za ravničarske predjele i pri najvećem našem saobraćajnom opterećenju, bila bi dovoljna širina 7,00 m, koju bi u brdovitim predjelima mogli smanjiti na 6,00 m.

Uštede na građevnim troškovima uslijed smanjenja širine su znatni, a zavise od vrste gornjega stroja i od kategorije terena. U narednom grafikonu prikazan je uticaj širine modernog puta u Sloveniji na građevne troškove.



Skica 4.

3. Uzdužni nagib puta

Kod puteva u brežuljastom, brdovitom i planinskom terenu uzdužni nagib puta mnogo utiče na troškove gradnje, transporta i održavanja.

Uticaj uzdužnog nagiba na građevne troškove

Ukoliko je manji uzdužni nagib, utoliko je duži put, utoliko su dakle veći i građevni troškovi.

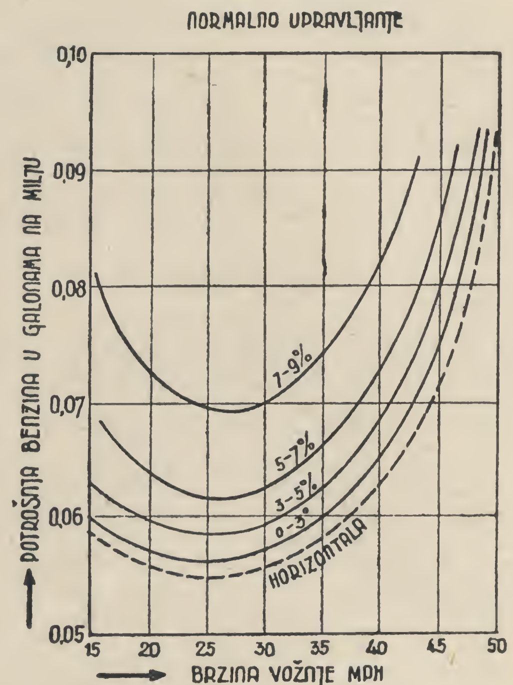
Uticaj uzdužnog nagiba na troškove za održavanje

Zbog većega trenja između točkova i površine kolovoza, abanje kolovozne površine kod uzdužnih nagiba je veće nego kod horizontalnih kolovoza, pa su stoga i troškovi za održavanje veći.

Uticaj uzdužnog nagiba na transportne troškove

Povećanjem uzdužnog nagiba na putu povećavaju se i transportni troškovi. To povećanje transportnih troškova zavisi od: veličine uspona, dužine uspona, strukture saobraćaja i jedinstvenih cijena za pojedine postavke transportnih troškova. Prije svega, na utrošak goriva i na vrijeme utiče povećanje uzdužnog nagiba.

Kod putničkih automobila i lakih teretnih automobila uticaj uspona na transportne troškove je znatno manji nego kod težih teretnih automobila, jer je povećanje utroška goriva i smanjenje vozne brzine uslijed porasta uzdužnog nagiba kod putničkih i lakših teretnih automobila znatno manje nego kod teških teretnih automobila.



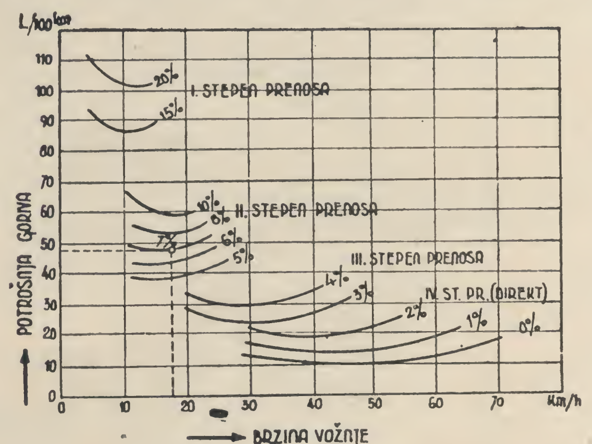
Skica 5.
Utrošak goriva za putničke automobile u zavisnosti od brzine i uzdužnog nagiba puta

Kod putničkih automobila usponi do 7% ne utiču znatno na smanjenje vozne brzine, a kod teretnih automobila se vozna brzina znatno smanjuje već kod nižih uspona.

Ukoliko je veće smanjenje vozne brzine, utoliko je veći utrošak vremena vožnje. Sa povećanjem utroška vremena smanjuje se prevoženi put i povećaju prevozni troškovi na jedinicu tereta.

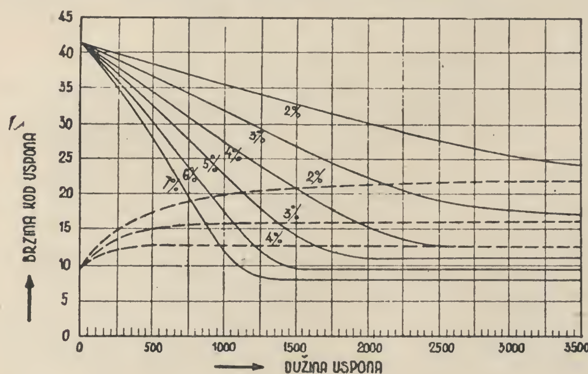
Ako pravilno prosuđujemo sve ekonomske uticaje veličine i dužine uzdužnog uspona (visinu građevnih troškova, mijenjanje vozne brzine na usponima i utrošak goriva), dolazimo do zaključka, da nije za preporuku ograničavanje uzdužnoga uspona suviše krutim propisima.

Kod ustaljenih ekonomskih prilika mogu se, do određene granice, za razne slučajeve utvrditi najpovoljniji usponi ili takozvani »ekonomski usponi«. Kod neustaljenih ekonomskih prilika mogu se za ekonomske



Skica 6.
Utrošak goriva u usponu za srednjeteške teretne automobile

uspone postaviti samo orijentacijske vrijednosti, a najpovoljniji uspon u sumnjivim slučajevima treba za svaki slučaj posebno utvrditi i obrazložiti.



Skica 7.
Uticaj dužine uspona na brzinu vožnje za srednjeteške teretne automobile

——— početna brzina 40 milja na sat

— — — početna brzina 10 milja na sat

Prilikom fiksiranja odgovarajućeg tehničkog zakonodavstva kod nas dosada nismo uzimali u obzir navedene odnose. U većini slučajeva smo za maksimalne uspone propisivali vrijednosti, koje smo poznavali iz propisa drugih država, gdje su možda navedeni odnosi sasvim drukčiji nego kod nas. Šta više, u mnogim slučajevima su se predlagači propisa oslanjali na zastarjele propise i zastarjelu stručnu literaturu. Posljedica tako sastavljenih propisa je, u mnogim slučajevima, neekonomično građenje.

U našem tehničkom zakonodavstvu za autoputeve bili su propisani maksimalni usponi od 2 do 6%, a za puteve s mješovitim saobraćajem usponi od 2 do 8%, izuzetno do 10%.

U svom posljednjem prijedlogu za tehničke propise za projektiranje puteva, Savezna uprava za puteve predlaže za autoputeve maksimalni uspon od 2 do 7%, izuzetno 8%, a za puteve s mješovitim saobraćajem od 3 do 10%, izuzetno 12%.

Novo predložene vrijednosti za maksimalni uzdužni uspon znatno su veće od propisanih. Osim toga, prema novom prijedlogu, bit će potrebno da se za svaki sumnjivi slučaj posebno utvrdi maksimalni uzdužni nagib.

Iz navedenog se vidi tendencija porasta maksimalnih uzdužnih nagiba za puteve. To je posljedica opadanja zaprežnog saobraćaja i porasta jakosti eksplozivnih motora.

4. Poprečni nagib kolovoza i trenje između točkova i kolovoza

Kod vožnje u horizontalnim krivinama pojavljuje se centrifugalna sila, koja se djelimično paralizira trenjem između kolovoza i točkova vozila, a djelomično poprečnim nagibom.

Što je veća vozna brzina, to veći mora biti radius krivine, kod istog poprečnog nagiba.

Veličina trenja između točkova i kolovoza zavisi inače od: vrste zastora, vrste saobraćaja, vrste obruča na točkovima, klimatskih prilika i sastava i osobina terena u obližnjoj okolini, a kreće se u relativno uskim granicama. Kod struktura saobraćaja, koje su u suštini iste, u sličnim klimatskim prilikama možemo pretpostaviti za trenje približno iste vrijednosti.

Najbolje bi bilo veličinu trenja određivati eksperimentalno. Takvi eksperimenti zahtijevaju, međutim, dosta vremena i financijskih sredstava. Zato pokušavamo da veličinu trenja odredimo na osnovu stručne literature, uzimajući vrijednosti, koje su bile utvrđene za prilike, koje najbolje odgovaraju našim.

Kod fiksiranja vrijednosti za trenje između točkova i kolovoza u našem tehničkom zakonodavstvu uvijek nastupaju teškoće zbog nejedinstvenosti strukture saobraćaja u pojedinim republikama odn. pojedinim predjelima države. U predjelima s jakim motornim saobraćajem za trenje se forsiraju znatno veće vrijednosti nego u predjelima s jakim zaprežnim saobraćajem. Na III. Kongresu za puteve na Bledu te suprotnosti su bile očigledne, ali se stvar nije raščistila, jer je zbog suviše širokog foruma, uža stručna diskusija bila nemoguća.

Prema mjerodavnim statistikama i prema realnim privrednim pretpostavkama, zaprežni saobraćaj u većini krajeva naše države nazaduje; zato nije umesno, da ga pri fiksiranju našega tehničkog zakonodavstva u tolikoj mjeri uzimamo u obzir, da tehničke elemente puteva ekonomski pogoršavamo. A kod puteva, gdje zaprežni saobraćaj prevlađuje i gdje se struktura saobraćaja ubrzo neće izmjeniti, nisu potrebne rekonstrukcije i modernizacije.

Kao i sva ostala pitanja, koja su u vezi sa budućim novim tehničkim propisima, tako je i pitanje trenja i poprečnog nagiba docnije pretresala posebna komisija, koju je odredila Savezna uprava za puteve. Komisija je utvrdila, da su za naše prilike najzgodnije ove vrednosti za koeficijent trenja klizanjem između obruča vozila i površine kolovoza

za autoputeve	f = 0,15.
za puteve za mješoviti saobraćaj	f = 0,25,

Poprečni nagib preuzima ostali dio centrifugalne sile. Njega možemo varirati od krajnje najniže granice, koja je neophodno potrebna za oticanje vode i koju nazivamo »minimalni poprečni nagib«, do krajnje najviše granice, kod koje vozilo može, pri manjim brzinama, skliznuti prema unutrašnjoj ivici, a koju nazivamo »maksimalni poprečni nagib«.

Minimalni poprečni nagibi za pojedine vrste kolovoza su utvrđeni i imaju opšte poznate vrijednosti.

Maksimalni poprečni nagibi u krivinama zavise, prije svega, od strukture saobraćaja. Kod mješovitog saobraćaja vozne brzine su male, opasnost klizanja prema unutrašnjoj ivici je znatno veća nego kod motornog saobraćaja, pa su zato i maksimalni poprečni nagibi znatno manji nego kod motornog saobraćaja. Kod iste vozne brzine povećavaju se smanjivanjem maksimalnog poprečnog nagiba horizontalne krivine, time i građevni troškovi.

5. Pregledna razdaljina

Pregledna razdaljina je za sigurnost vožnje neophodno potreban elemenat, a zavisi od dužine kočenja. Dužina kočenja zavisi uglavnom od trenja klizanja i reakcionog vremena.

Pregledna razdaljina se u raznim državama različito određuje. Za nas je za preporuku, da se kod određivanja preglednih razdaljina orijentišemo prema propisima onih država, u kojima su klimatske i ostale prilike, što mogu uticati na veličinu pregledne razdaljine, slične našima. Pri tome pretpostavljamo, da te prilike možemo u ekonomskom pogledu smatrati za prihvatljive.

Na osnovu propisanih preglednih razdaljina određuju se vertikalna zaobljenja na konveksnim vertikalnim krivinama. Iz dalje navedenog se vidi, da tu naše dosadašnje tehničko zakonodavstvo nije dovoljno uzimalo u obzir naše ekonomske mogućnosti. Granice za minimalne pregledne razdaljine kretale su se za autoputeve u granicama od 3 000 do 13 000 m, a za puteve s mješovitim saobraćajem od 1 000 do 9 000 m.

Novi prijedlog Savezne uprave za puteve predviđa za autoputeve pregledne razdaljine u granicama od 700 do 10 000 m, a za puteve s mješovitim saobraćajem 500—3 500 m.

Za lakše procenjivanje uticaja pregledne razdaljine na građevne troškove navodimo kao primjer dionicu puta s tipičnim kontranagibom terena i nivelete u

srednjeteškom brdovitom terenu. Bilo je potrebno kontranagib nivelete zaobliti konveksnom vertikalnom krivinom dužine oko 500 m i upotrebiti za to radiuse: R = 6000, R = 4000 i R = 2500.

Za navedene vertikalne krivine kubature iskopa su u procentima iznosile:

konveksna vertikalna krivina R u m	iskopi %
6 000	100
4 000	56
2 500	32

Iz navedenog se vidi, da radiusi vertikalnih krivina mogu znatno uticati na građevne troškove, zato je pri fiksiranju vrijednosti za odgovarajuće propise potrebno dobro razmisliti o našim potrebama i našim ekonomskim mogućnostima.

6. Zastor kolovoza

Između svih drumskih elemenata, zastor kolovoza u mnogo slučajeva najviše utiče na troškove građenja, održavanje i transporta. I pored toga, često se pri izboru zastora prave velike greške.

Prilikom određivanja zastora treba najprije utvrditi ,kakvu jačinu mora imati zastor s obzirom na dano saobraćajno opterećenje i strukturu saobraćaja kod normalnog trajanja zastora.

Tako određeni zastor ipak ne će uvijek biti ekonomski najpovoljniji, s obzirom na opći privredni položaj. Investicije ulažemo, prije svega, u objekte, koji se u što kraćem roku amortiziraju i poslije amortizacije donose što veće prihode. I putevi su privredne građevine, za koje se rok amortizacije i prihod mogu utvrditi s priličnom točnošću; zato i svako programsko pretresanje u tom smislu treba da bude neophodno povezano s općim ekonomskim obrazloženjem i ekonomskim obrazloženjem pojedinih važnih drumskih elemenata.

Ako smo ekonomski utvrdili, da je za neki drum tehnički određeni zastor s normalnim troškovima održavanja i s normalnim trajanjem ekonomski nepovoljan, moramo izabrati zastor, koji je najpovoljniji, s obzirom na opći privredni položaj. Razumije se, da pri tome moramo uzimati u obzir sve faktore, koji mogu uticati na ekonomiju.

U vezi s tim trebalo bi prije svega skrenuti pažnju na to, da pri programskom pretresanju o zastoru kolovoza imamo na umu, kakva je svrha zastora uopće i kakav cilj želimo postići u određenom slučaju.

Svrha je zastora, prije svega, da se smanje troškovi za održavanje i transportni troškovi; a udobnost vožnje je sigurno od sekundarnog značaja.

Za smanjenje troškova održavanja dovoljno je, da je kolovoz otporan protiv svakoga razornog delovanja saobraćaja i atmosferilija. Za smanjenje transportnih troškova je neophodno, da je kolovozna površina glatka i s obzirom na pravac trase pravilno nagnuta. Uticaj glatkosti kolovozne površine u raznim državama bio je već često eksperimentalno istraživan.

Vrlo su poznati takvi eksperimenti u SAD u državi Jowa, gdje je utvrđen odnos transportnih troškova za putničke automobile na putevima I., II. i III. vrste: $T_I : T_{II} : T_{III} = 1 : 1{,}18 : 1{,}38$.

T_I su transportni troškovi na putevima I. vrste, a to su: betonski putevi, asfaltni sa ravnom površinom i t. d.;

T_{II} su transportni troškovi na putevima II. vrste, a to su: kockama zastrti putevi, asfaltni putevi s manje ravnom površinom (površinske obrade, penetracije, itd.);

T_{III} su makadamski putevi s održavanim kolovozom.

I nagib površine kolovoza znatno utiče na transportne troškove. Kod suviše nagnutih površina kolovoza i kod pogrešno nagnutih površina kolovoza povećava se preko predviđene mjere, bočno trenje, a zbog toga se povećaju i transportni troškovi.

Prva proučavanja u tom smislu bila su izvršena u SAD. Na osnovu tih proučavanja je »American Association of Highway Officials« utvrdila, da je procentualni višak utroška goriva na krivinama upravno proporcionalan koeficijentu bočnoga trenja i da je za:

koeficijena bočnoga trenja:	0	0,05	0,10	0,15	0,20
utrošak goriva u %:	100	105	110	115	120

III. Rekapitulacija zaključaka

1. Kod određivanja tehničkih elemenata puta treba da odlučuju prije svega ekonomski momenti, a o estetskim zahtjevima treba dobro razmisliti i uzimati ih u obzir samo onda, kad su stvarno opće obrazloženi.

2. Za računske odn. vozne brzine na putevima treba da propisi za projektiranje puteva i saobraćajno-sigurnosni propisi predviđaju vrijednosti, koje se što više približuju ekonomskim brzinama. Uvođenje prevelikih voznih brzina na našim putevima u saobraćajnim propisima neumjesno je iz ekonomskih i saobraćajno-sigurnosnih razloga.

3. Prije nego što se fiksira kolovozna širina, treba dobro razmisliti o stvarnim saobraćajnim potrebama. Administrativna kategorizacija puta treba da bude od sekundarnog značaja. Širina saobraćajnog traka 3,50 m treba da se upotrebljava samo za puteve I. razreda u ravnim i blagim brežuljkastim predjelima, a za sve ostale predjele odn. vrste puteva treba da se upotrebljavaju manje širine. Ivični trakovi treba da se predvide samo kod autoputeva i puteva I. razreda, a kod svih ostalih puteva treba da se ivični trakovi izostavljaju. Kod svih modernih puteva treba da se što prije uvede srednja bijela linija.

4. Uzdužni nagibi puteva ne treba da se šablonski fiksiraju; za svaki sumnjiv slučaj treba da se utvrdi ekonomski uspon.

5. Zaprežni saobraćaj na našim putevima naglo opada; zato iz ekonomskih i saobraćajno-sigurnosnih razloga nije umjesno, da ga uzimamo u obzir pri fiksiranju maksimalnih poprečnih nagiba.

6. Pretjerivanje s preglednim razdaljinama može imati teške ekonomske posljedice. U mnogim slučajevima možemo neznatnim smanjenjem saobraćajne bezbednosti u znatnoj mjeri smanjiti građevne troškove.

7. Svaki zastor treba programski pretresati i fiksirati ga samo na osnovu tehničkog i ekonomskog obrazloženja, uzimajući u obzir sve ekonomske faktore, koji mogu utjecati na izbor zastora.

8. Zastori postojećih kolovoza, bez preuređenja kolovozne površine prema odgovarajućim vozno-tehničkim uslovima (obrade kolovoza protiv prašine), nemaju nikakvog ekonomskog efekta.

9. Uopće možemo u mnogim slučajevima za puteve upotrebljavti relativno skromne tehničke elemente, a u vezi sa tim moramo u drumskom saobraćaju uvesti što je moguće potpuniju disciplinu, pomoću koje ćemo postići ne samo saobraćajno-sigurnosni, nego i ekonomski efekat.

Dijagrami iz literature:

Laurence I. *Hewes* and Clarkson H. *Oglesly:* Highway Engineering

Ing. *Gjud.* Uticaj širine kolovoza na građevne troškove (rukopis).

Dr. ing. Arnold *Müller:* Die Kosten der Strassenfahrzeuge.

O DJELOMIČNO OMEĐENIM TEMELJIMA ZGRADA

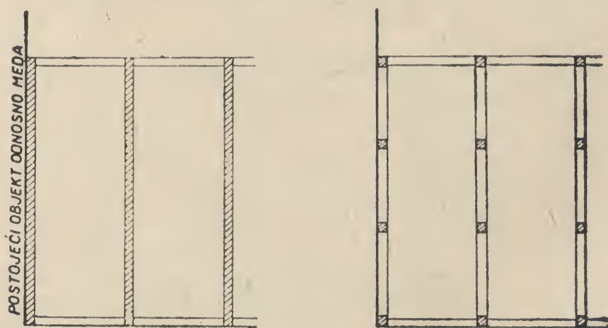
Ing. Stanko Bakrač, Zagreb

Problem, što ga obrađujem u ovom izlaganju, sastavni je dio problematike, koju obuhvaćam u predmetu »Izvođenje gradnja«.

Ekonomsko značenje odabranog užeg područja iz te raznovrsne i opsežne problematike postaje jasno, kad se uzmu u obzir činjenice: da u našoj zemlji na građevne investicije otpada godišnje i nekoliko stotina milijardi dinara; da težište investicaja prelazi iz godine u godinu sve više na visokogradnje, zapravo na stambene zgrade; da je to građenje koncentrirano pretežno na izgrađena naselja, gdje se taj problem gotovo redovito pojavljuje, te da je problem temelja i temeljenja zgrada vrlo često dominantan faktor ne samo u konstruktivnom, nego i u ekonomskom pogledu.

Tehničko značenje te problematike, koja je — sudeći po onom što sam zapazio u praksi — dosta slabo poznata, nužno proizlazi iz njezina ekonomskog značenja, pa je jasno, da mu treba pokloniti primjerenu pažnju.

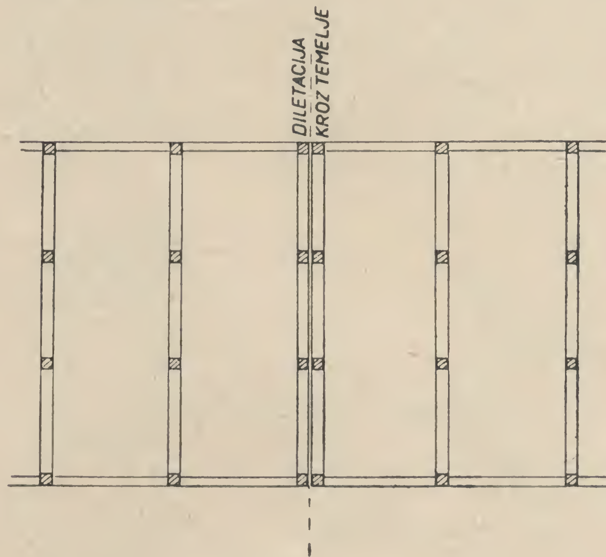
Taj nas problem mora zanimati prema tome i u tehničkom i u društveno-ekonomskom pogledu; drugim riječima, on ima čak i svoju društveno-



Slika 1

ekonomsku podlogu. On je aktuelan kod svih višekatnih zgrada, koje se grade na t. zv. gusti način izgradnje, — a to je najveći dio zgrada u svim gradovima i naseljima — gdje se inače posve dobra arhitektonska rješenja vrlo često ne primjenjuju upravo zbog bojazni od poteškoća i nejasnoća u vezi s temeljem i temeljenjem glavne konstrukcije na međi. Držim, na primjer, da je dovoljno upozoriti na konstruktivno povoljniji tip višekatne zgrade sa t. zv. poprečnim glavnim stijenama, koji se često unaprijed odbacuje samo sa spomenutog razloga. Kad se pak kojiput ipak predvidi i takav tip s nosivom konstrukcijom na međama, rješavaju se temelji takve konstrukcije često na nepouzdan i neprikladan način.

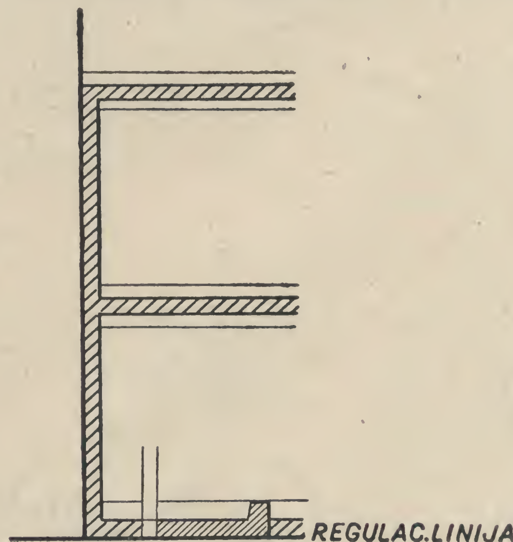
I eto, upravo spoznaja, da se ti temelji rješavaju na različte načine i uz različite pretpostavke, te da se sva takva rješenja smatraju podjednako vrijednima i podjednako pouzdanima, potakla me je, uz ostalo, da objavim ovo svoje opažanje o djelomično omeđenim temeljima zgrada. Razumije se, da sam tom pitanju prišao prije svega kao izvođač, no držim, da nisam zanemario ni konstruktorsko-statičku stranu problema.



Slika 2

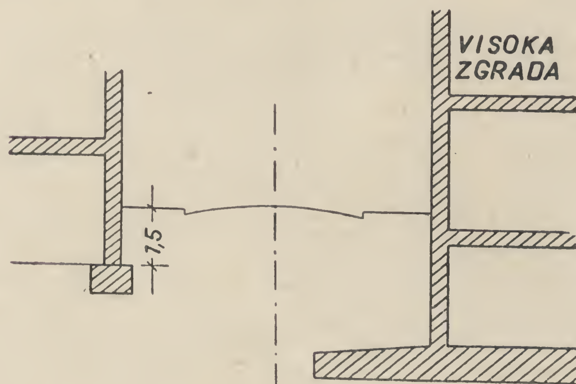
Vjerujem, da će iz mojega izlaganja nužno proizaći zaključak, da se takvi temelji, rješavani na različite načine i uz različite pretpostavke, uistinu razlikuju i što se tiče ekonomičnosti, i što se tiče pouzdanosti.

Moje se izlaganje odnosi na one jednostrane omeđene odnosno jednostrano proširene temeljne pasove ,kod kojih je to jednostrano proširenje uzrokovano vanjskim okolnostima, a ne statičkom



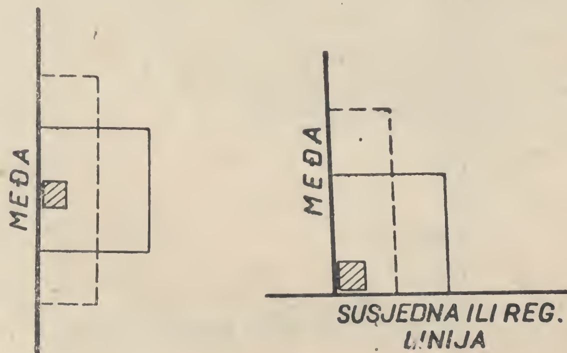
Slika 3

potrebom. To su na pr. temelji nosivih stijena ili stupoređa uz susjednu među ili uz postojeći objekt (sl. 1), zatim temelji uz dilatacione reške, kad su one izvedene i kroz temelje (sl. 2), a svojedobno su to kod nas bili i temelji uz regulacionu liniju (sl. 3). Kažem »bili«, jer vjerujem, da ograničenje temelja uz regulacionu liniju ne dolazi više u obzir. Pretpostavljam naime, da se konačno i kod nas spoznalo, kako proširenje temelja preko regulacione linije, a ispod određene dubine (na pr. 1,5 m ispod hodnika, zbog instalacija) nikome ne smeta, a za sam temelj da je vrlo povoljno. Kod velikih i teških zgrada bit će opravdano da se takvo proširenje dopusti čak i do polovine ulice, odnosno javno-prometne površine (sl. 4), što se u nekim zemljama već odavna prakticira.



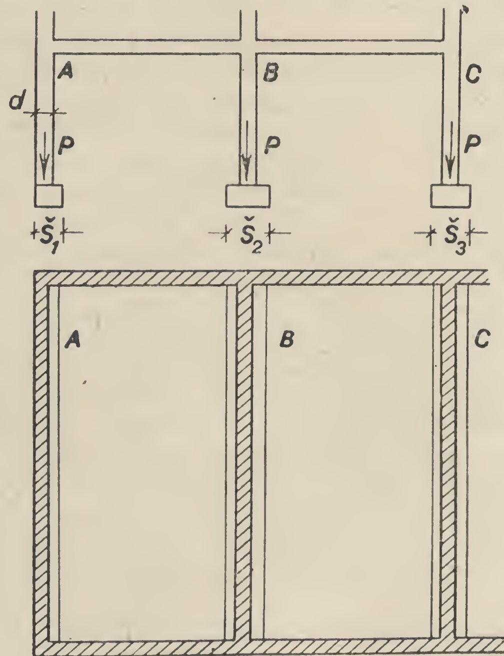
Slika 4

Pitanje dvostrano ili trostrano omeđenih pasova može se svesti na problem jednostrano omeđenih temeljnih pasova ograničene duljine. Za jednostrano omeđene jedinične temelje vrijede, uglavnom, odgovarajući zaključci i prijedlozi kao kod jednostrano omeđenih temeljnih pasova; o dvostruko omeđenim jediničnim temeljima (ugaoni) — koji sami po sebi ne predstavljaju uspjela rješenja — ne će ovdje biti posebno govora. Jasno je međutim, da se i njihov problem može donekle svesti na problem jednostrano omeđenih temeljnih pasova, osobito ako se proširenje izvrši pretežno na jednu stranu (sl. 5).

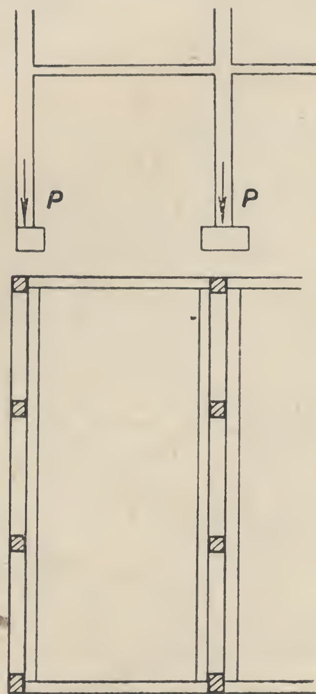


Slika 5

Izlaganje ću ograničiti na dva izrazita slučaja jednostrano omeđenih temelja, i to na slučaj nosive stijene (sl. 6) i na slučaj stupoređa (sl. 7)



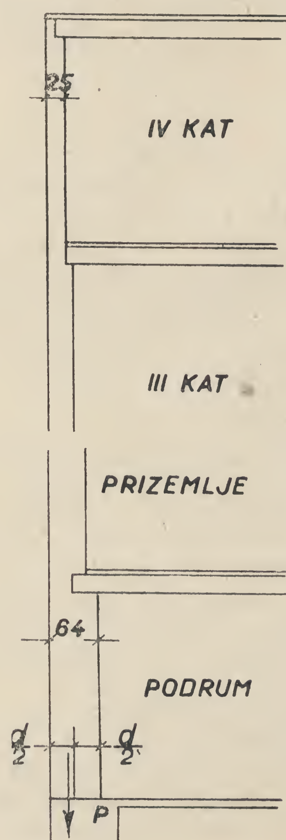
Slika 6



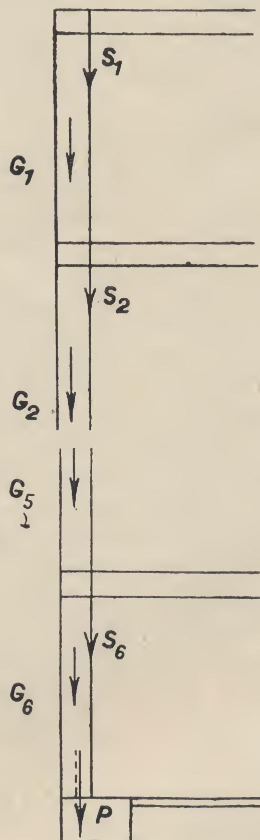
Slika 7

uzimajući pritom u obzir samo t. zv. plitko temeljenje. U prvom redu osvrnut ću se na slučaj stijene na međi; na slučaj stupoređa na međi osvrnut ću se na kraju, posve kratko, pri čemu ću istaknuti samo ono što je novo i ono po čemu se taj slučaj razlikuje od slučaja sa stijenom. Pređimo dakle na stvar.

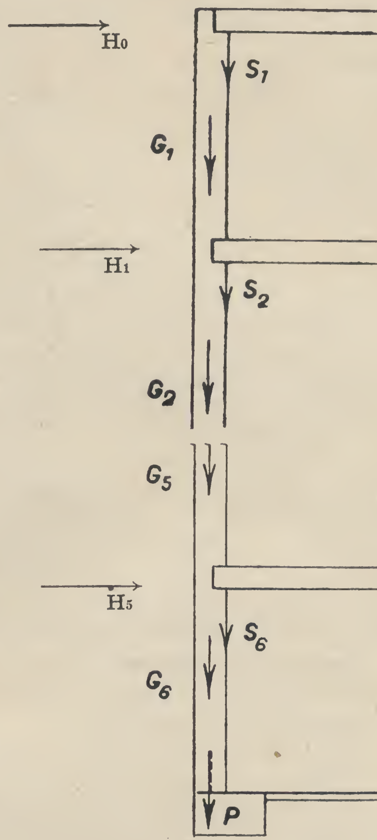
Projektiranje temelja, odnosno određivanje širine temelja za stijenu na granici (A) počinje obično tako, da se problem kuša riješiti najprije s t. zv. normalnim temeljem, koji je eventualno tek nešto proširen na unutarnju stranu. Tu moram odmah istaknuti, da je i neznatno proširenje inače centrično opterećenoga temelja samo na jednu stranu (kako je to uobičajeno kod zgrada) opravdano samo onda, ako pretpostavimo, da se za isti materijal (temeljni sloj) mogu dopustiti veći rubni naponi od t. zv. osovinskih napona (takvo je na pr. moje stanovište) i ako takvim jednostranim proširenjem — mimo uobičajeni račun — postižemo ipak neko poboljšanje stanja ispod temelja. (Da je tako, vidjet ćemo kasnije).



Slika 8



Slika 9



Slika 10

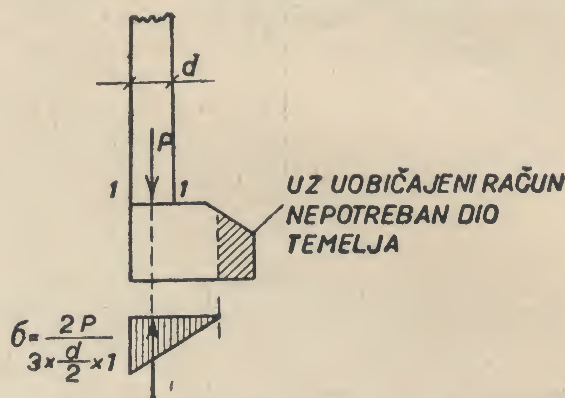
Ukoliko se pak ne bi dopustili veći rubni naponi od osovinskih, ne bi nikakvo jednostrano proširenje temelja — uz uobičajeni račun — imalo smisla, budući da je maksimalni rubni napon ispod takva jednostrano proširena temelja uvijek veći od osovinskoga napona.

Pretpostavimo ipak, da su za isti materijal dopušteni veći naponi na rubu nego u osovini. Pod tom pretpostavkom izabere se onda približna širina temelja »š« $\left(\text{prema } \frac{P}{\sigma} \text{ ili čak prema } \frac{2P}{\sigma}\right)$ i kontrolira računski napon za tlo (prema $\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{Pe}{W}$, gdje je $e = \frac{š}{2} - \frac{d}{2}$, a »d« = debljina stijene).

Kod toga je »P« ukupno opterećenje u stijeni, za koje se pretpostavlja da djeluje u težištu presjeka stijene iznad temelja. Da ova pretpostavka međutim ne mora uvijek biti točna, pokazuje nam na pr. stijena na međi, koje se debljina — gledajući odozgo prema dolje — jednostrano pojačava (sl. 8), kao i činjenica, da na položaj sile »P« nad temeljem utječe vrst stropa i način njegova nalijeganja, odnosno uklije̋štenja u stijeni. Kod drvenoga je grednika stanje u tom pogledu uvijek posve jasno, a kod djelomično ili potpuno uklije̋štenih armirano betonskih stropova trebalo bi tek točnim računom odrediti položaj rezultirajućega vertikalnog opterećenja (od stropa i od gornjih katova). Ne bi na pr. bila ispravna pretpostavka, prema kojoj se teret potpuno uklije̋štenih stropova prenosi na rub stijene (sl. 8). Ta je pretpostavka točna jedino u pogledu same poprečne sile, no tu je — kao što znamo — i moment uklje̋štenja stropa u stijeni, koji uzrokuju drukčiju sliku sila. Sigurno je, na pr., da rezultirajuće vertikalno opterećenje kod armirano-betonskih uklije̋štenih stropova, koji naliježu preko cijele debljine stijene, može biti i negdje između sredine i nutarnjega ruba stijene (sl. 9), ali je isto tako sigurno i to, da kod armirano-betonskih uklije̋štenih stropova, koji naliježu samo pre-

ko jednoga dijela stijene, to rezultirajuće vertikalno opterećenje može biti i negdje između sredine i vanjskoga ruba stijene (sl. 10).

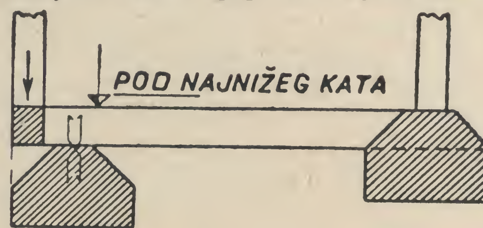
Sve u svemu, položaj sile »P« nad temeljem, odnosno u temelju, treba ili točno odrediti, ili ocijeniti uz neku rezervu (s nekom sigurnošću), što će u najvećem broju slučajeva potpuno dostajati. U svojem ću izlaganju ostati kod pretpostavke, da ukupno opterećenje u stijeni djeluje vertikalno u težištu prijesjeka stijene. Ako dakle izraz $\sigma_{12} = \frac{P}{F} \pm \frac{Pe}{W}$ ne daje vlačnih napona u slojnici između temelja i temeljnoga sloja, te ako su tlačni naponi unutar dopuštenih granica, širina je temelja uspješno odabrana. Vrlo se brzo možemo uvjeriti, da je tako samo onda, kad je širina temelja $š < 1{,}5$ d. Takav slučaj susrećemo nažalost samo kod relativno malih tereta *P*, odnosno i kod većih tereta *P*, ali samo kod temeljnoga sloja velike nosivosti (na pr. pećine). Mnogo češće dobivamo takvim računom i vlačne napone (uvijek kad je $š > 1{,}5$ d), za koje držimo da se ne mogu pojaviti na spoju temelja i tla, pa zato računamo samo s dijelom prijesjeka, u kojemu i računski dobivamo samo tlačne napone ($\sigma = \frac{2\ P}{3\ ab}$, gdje je *a* udaljenost reakcije tla od lijevog ruba stijene, a *b* duljina odsječka temelja, na pr. 1 m). Daljnjim proširivanjem temelja na jednu stranu (iznad 1,5 *d*) ne dobivamo dakle uz običajeni način računanja ništa, jer su, eto, računski naponi ostali isti kao i za granični slučaj, t. j. za širinu $š = 1{,}5\ d$ (sl. 11). Kod uobičajenog načina računanja



Slika 11

pretpostavljamo naime, da nasuprot sili *P* u istoj vertikalnoj ravnini djeluje reakcija tla *R*, budući da je to »normalni uvjet ravnoteže«. Čim se prema tome pokaže potreba, da širina takva jednostrano proširena temelja bude veća od 1,5 debljine stijene, trebalo bi primijeniti drukčije rješenje, odnosno drukčije načine rješavanja. Pogledajmo, kakva se trebalo bi primijeniti drukčije rješenje, odnosno kakva sve rješenja dolaze u obzir.

1) Jedni (kao prof. ing. M. Marinković u svojoj knjizi »Fundiranje«) preporučuju, na pr., primjenu takvog temelja uz među, koji bi ipak bio centrički »centrički« opterećenom temelju predviđeni su (a i moraju se predvidjeti) tako, da se taj temelj ne zaokrene zbog zaokretanja poprečnih greda. Takvi ležajevi moraju prema tome biti slobodno okretni, opterećen s pomoću posebnih poprečnih greda (sl. 12). Ležajevi takvih poprečnih greda na tome

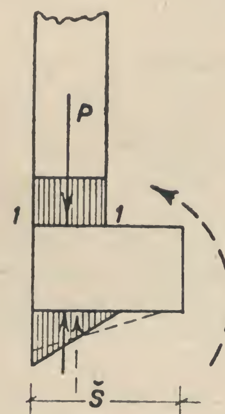


Slika 12

kako ne bi kruto povezivali poprečne grede i temeljni pas uz među i time uzrokovali nejednolika naprezanja u tlu ispod temeljnoga pasa. To bi rješenje dakle bilo teoretski posve ispravno, kad bi se teret prenosio na temelj samo putem okretnog, centrički smještenog ležaja, i kad bismo sa svojim opažanjima ostali samo na »površini«, a ne bismo promatrali i prenošenje tereta na dublje slojeve (na pr. superpozicija napona zbog tereta od eventualnog susjednog temelja).

Držim, da je jedva potrebno istaknuti, da poprečne grede, koje nose stijenu, moraju na drugome kraju biti pridržane i da — ukoliko za takvo pridržavanje nema vanjskih uvjeta — otpada, naravno, i takvo rješenje. Taj način temeljenja na međi zahtijeva — kako se to razabire iz slike i opisa — veću dubinu i relativno skupe poprečne grede, koje se ne iskorišćuju za direktno prenošenje tereta na tlo.

Prednost (jedina) ovoga načina bila bi, bez sumnje, u statički jasnoj koncepciji temelja, a nedostatak (i to vrlo velik) u većoj potrebnoj dubini i u neiskorišćivanju poprečnih greda za prenošenje tereta na tlo. Kao slaba strana toga rješenja mogla



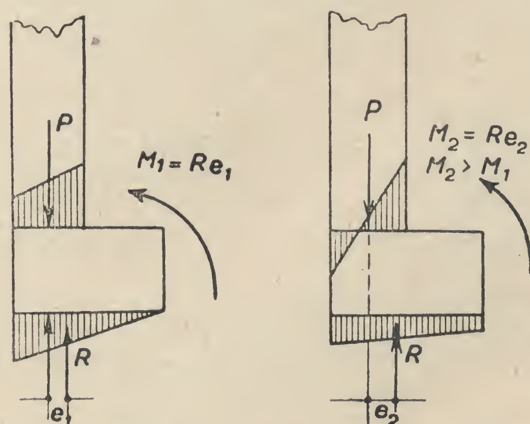
Slika 13

bi se istaknuti i činjenica, da je temelj smješten neposredno uz granicu, zbog čega kod više manje svakoga tla, osim pećine, dolazi do izražaja utjecaj tereta i preko granice, pa dobivamo drukčiju

sliku napona, nego što se kod toga načina idealizirano pretpostavlja.

Taj se način ne bi mogao preporučiti, jer je uistinu nepraktičan i — kao što će se vidjeti — neekonomičan. Glavna prednost toga načina — statički jednostavna i jasna koncepcija — lišava nas mogućnosti, da iskoristimo poprečne grede za prijenos tereta na tlo.

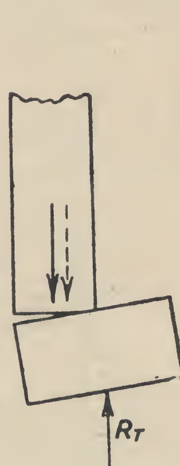
2) Drugi (kao na pr. F. Brandeis, u časopisu »Beton und Eisen«, 1929) polaze od pretpostavke, da računska raspodjela napona, prikazana na sl. 11, vrijedi samo za ono stanje i za one okolnosti, što ih kod računa pretpostavljamo, t. j. da takav izvod vrijedi u slučajevima, kad temeljna stopa nije povezana sa stijenom, ili općenito, kad slojnica između temelja i stijene (1—1) može preuzeti samo jednoliko raspodijeljene tlačne napone (sl. 13). Ako pak pretpostavimo, da je temeljna stopa povezana sa stijenom, ili općenito, da slojnica između temelja i stijene (1—1) može preuzeti i nejednoliko raspodijeljene tlačne napone, te — što je još važnije — i vlačne napone (sl. 14), smijemo računati s povoljnijom razdiobom tereta na tlo, a u krajnjem slučaju čak i s jednoličnom razdiobom na cijeloj



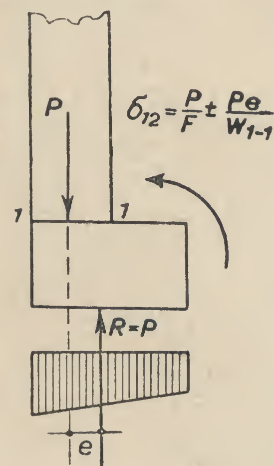
Slika 14

širini temelja. Pritom moramo međutim uzeti u obzir činjenicu, da u slojnici između temelja i stijene (1—1) djeluje — osim sile P (kao dosada) — i moment $R \cdot e$, odnosno $P \cdot e$ (ukoliko zanemarimo vlastitu težinu temelja).

Vidimo dakle, da prema ovom naziranju povoljnija razdioba tereta na tlo, odnosno napona u tlu ispod jednostrano omeđenih temelja ovisi o sposobnosti slojnice između temelja i stijene (1—1), da preuzme određeni moment, ali, naravno i o mogućnosti, da se taj moment prenese stijenom na preostalu konstrukciju. Osim toga moramo zaključiti. da povoljnija razdioba tereta na tlo kod takvih jednostrano omeđenih temelja ovisi i o našem konstruiranju, te o načinu izvođenja toga dijela zgrade. Ako na pr. — kao što to često biva — izvedemo temelj i, kad je on očvrsnuo, izvedemo na njemu stijenu, ili ako iznad temelja stijene izvedemo uobičajenu bitumensku izolaciju, ne smijemo očito računati s mogućnosti preuzimanja i vlačnih napona u tom prijesjeku. Ako izostavimo takvu izolaciju i ako izvedemo temelj i stijenu kao cjelinu (bilo kontinuiranim betoniranjem, bilo umetanjem



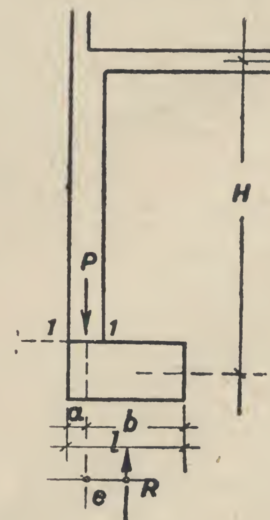
Slika 15



Slika 16

t. zv. nekonstruktivne armature), te ako čak povežemo stijenu i temelj konstruktivnom armaturom, smijemo očito računati na preuzimanje i vlačnih napona u tom prijesjeku, dakle i na preuzimanje znatnijeg momenta. S tim u vezi smijemo računati i na povoljniju razdiobu tereta na tlo, nego što je razdioba, koja se dobiva uobičajenim postavkama i uvriježenim načinom računanja.

Promotrimo li pak, posve općenito, slučaj jednostrano omeđenoga temelja, vidjet ćemo također, da pod djelovanjem sile P dolazi po pravilu na lijevom kraju temelja do većih naprezanja u tlu, nego na istaknutom desnom kraju. Zbog toga dolazi, osim kod pećine, do zaokretanja temelja i do eventualnog



Slika 17

otvaranja slojnice (1—1) na tom kraju (sl. 15). (Tu se očituje važnost spajanja stijene i temelja!). Kod takva otvaranja slojnice između temelja i sti-

jene (1—1) prenosi se teret na temelj samo jednim dijelom stijene, što dovodi — kako neki ističu — do povoljnijega djelovanja na temelj, zbog manjeg ekscentriciteta, no što može dovesti i do prekoračenja dopuštenoga naprezanja u stijeni. Ako sve to uvažimo, moramo priznati, da računska pretpostavka, prema kojoj je dio jednostrano proširenoga temelja s vlačnim računskim naponima posve neaktivan, nije točna (bar kod jole popustljiva tla), i da je slika napona u tlu ispod temelja drukčija od one što je dobivamo uobičajenim računom. Isto tako moramo priznati, da se tu radi o temeljnoj stopi s nejednolikim, ali samo tlačnim naponima tla i o prijesjeku stijene na spoju s temeljem (1—1), koji je, s tim u vezi, opterećen — osim centrično priloženom silom — još i nekim momentom (sl. 16). Točnu veličinu toga momenta, odnosno točnu raspodjelu napona ispod temelja teško je odrediti, jer ona, između ostaloga, ovisi o temeljnom tlu, odnosno o t. zv. konstanti tla (steljišnom koeficijentu), koja je za različite vrste tla različita.

U literaturi o temeljima i temeljenju spominje se često izraz F. Brandeisa, prema kojemu je taj moment u slojnici između stijene i temelja (1—1), a prema kojemu se određuje i napon u tlu ispod temelja

$$M = P \frac{12\,(b - l/2)}{\dfrac{I\,H\,l^3\,C}{4\,EJ} + 12}$$

Pritom je:

P = teret stijene sa svim opterećenjima,

E = modul elastičnosti stijene (A),

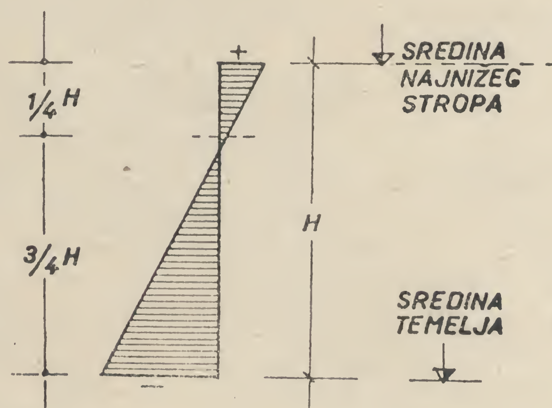
I = moment tromosti stijene,

e = M/P udaljenost rezultante naprezanja u temeljnom sloju od sredine stijene,

C = steljišni koeficijent (konstanta tla), koji varira teoretski, kao što znamo, od 0 (za posve slaba tla, koja i ne dolaze u obzir za temeljenje) do vrlo velikih vrijednosti (pećina). Praktički je taj raspon od 3—10 kg/cm³ za t. zv. srednja tla, a 20—30 kg/cm³ za vrlo dobra tla. Veće vrijednosti ne dolaze uopće u obzir, budući da prije stlačivanja pećine treba računati sa stlačivanjem stijene. (Kod vrlo dobrog temeljnog sloja ne pojavljuje se uostalom ni potreba, da se tako proširi temelj).

Izraz za moment odnosi se na jedinicu duljine stijene i temelja. Do ovoga je izraza došao Brandeis na osnovu sheme prikazane na sl. 18. On je dakle pretpostavio takve krutosti štapova, da je odnos momenta u temelju prema momentu u glavi stijene, odnosno stupa, 3 : 1. Ovdje moram odmah dodati, da je on očito pretpostavio i mogućnost preuzimanja poprečne sile u temelju putem trenja ili na neki drugi način (bez čega nema ravnoteže), dakle prema dispoziciji prikazanoj na sl. 19.

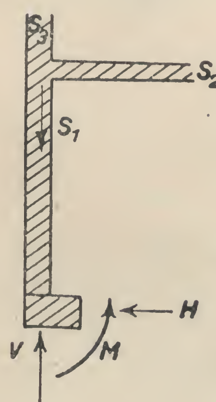
Razumije se, da sve ovo ne mora biti ostvareno u svakom slučaju i u svim prilikama, te da takva ravnoteža, strogo uzevši, nije bezuvjetna. Dovoljno je na pr. podsjetiti na mogućnost, da se smanji koeficijent trenja u inače dobrom, ali u pitanju vode osjetljivom temeljnom sloju, pa da nam bude jasno, kako se ove pretpostavke mogu i promijeniti, te da bi trebalo poduzeti posebne tehničke mjere, da se to spriječi.



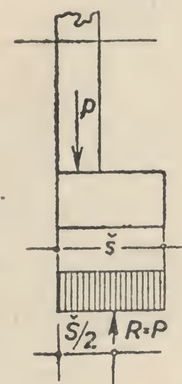
Slika 18

Prema tome moram istaknuti, da taj Brandeisov izraz nema neku apsolutnu, neograničenu vrijednost, jer polazi od stanja, koje je različito za pojedine slučajeve i jer nije obuhvatio i krutost temeljne ploče, koja zacijelo također utječe na sliku napona u tlu.

Pažljivim analiziranjem tog izraza i uvrštavanjem vrijednosti, koje obično dolaze u obzir, dolazimo do zaključka, da bi taj moment bio po prilici jednak M = P (b—l/2), odnosno, prema našim oznakama $M = P\,\frac{(š - d)}{2}$, što znači, da bi hvatište reakcije tla bilo otprilike u polovini širine temelja, a što opet znači, da bi naprezanja tla ispod temelja bila jednolična (sl. 20). Sad bi bio razumljiviji tekst



Slika 19



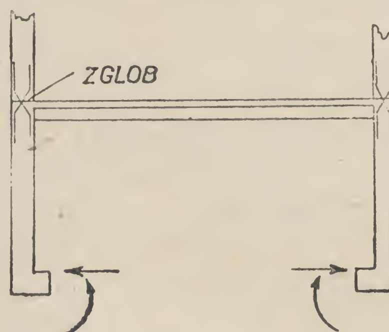
Slika 20

prijedloga, da se pitanje ekscentrično opterećenog i jednostrano proširenog temelja na međi riješi »prebacivanjem reakcije temelja u sredinu spojnice temelja i temeljnoga sloja« (prof. Marinković, »Fundiranje«). Ponovno ističem, da sve to ima svoje granice, i da se ti zaključci smiju primijeniti

samo na t. zv. normalne slučajeve. Izrazito drukčija raspodjela momenata u stijeni nego što je pretpostavljeno pri građi izraza za moment u temelju, vrlo velik istak temelja, vrlo elastična temeljna ploča, a i još neke druge okolnosti, zacijelo bi pokazale rezultate, koji se ne bi podudarali s takvim računom.

Pretpostavimo ipak, da ovoliki moment treba — uz silu P — da preuzme slojnica između stijene i temelja (1—1), što je cijena za povoljniju razdiobu tereta na tlo. Preostaje nam onda: ili da prema tome momentu izvršimo dimenzioniranje i konstruiranje spoja stijene i temelja, ili da unaprijed ocijenimo, koliki moment može preuzeti ta spojnica takva kakva jest, pa da prema takvu momentu nađemo sliku napona u tlu ispod temelja i odredimo konačnu širinu temelja. Bio spoj stijene i temelja kakav mu drago (osim zglobnoga spoja), on zacijelo može da preuzme neki moment, pa bi prema takvu momentu trebalo odabrati širinu temeljnog pojasa ispod stijene. Tako bodivena širina ne mora biti dovoljna, i tako dobiveni temeljni pas uz među predstavljat će u tom slučaju tek dio ukupno potrebne plohe temelja. (Uz ovaj temeljni pas dolaze na pr. i temeljni nosači okomiti na među, kao što će se to vidjeti pod toč. 3.). Taj moment od temelja treba, kao što je već istaknuto, prenijeti stijenom na gornju konstrukciju zgrade, što nije uvijek lako provedivo. Držim, da na osnovu nekih primjera smijem utvrditi, da takav moment predstavlja priličan udio u ukupnom opterećenju stijene, i da su takva rješenja ne samo nepouzdana, nego uglavnom i neekonomična. Upozoravam nadalje, da je konstrukcija zgrade kojiput dosta povoljna za preuzimanje takva momenta (na pr. simetrična konstrukcija s obzirom na vertikalnu ravninu), a da kojiput takvo rješenje uopće ne će doći u obzir. Kojiput se čuje prijedlog, da se djelovanje tog dodatnog momenta od temelja ograniči na najniži kat zgrade, i to uvrštavanjem zglobova u konstrukciji iznad toga kata (sl. 21). To bi moglo dovesti do jednostavnog, ako već ne ekonomičnijeg rješenja, kad pri tom ne bismo morali imati na umu, da uobičajena, relativno lagana stropna konstrukcija ovdje nije uvijek prikladna za pouzdano preuzimanje vlačne sile i eventualnoga momenta.

Završavajući izlaganje o takvom tretiranju temelja treba da istaknem prednosti i nedostatke toga načina. Nasuprot prednosti, koja se očituje u naoko jednostavnom temelju uz među, koji, unatoč ekscentričnom položaju prema stijeni, daje gotovo jednolično tlačno naprezanje tla, i u iskorišćivanju onoga što eventualno sama konstrukcija pruža, treba istaknuti znatne nedostatke ovoga načina. Tu je na prvom mjestu nepouzdanost pretpostavki. Sasvim je sigurno, na primjer, da kod iole popustljiva tla ne može biti govora o vlačnom naprezanju u prijesjeku između temelja i tla, kao što bi se to računski iskazalo prema općenitom načinu računanja, ali je isto tako siguurno, da ne možemo računati na raspodjelu napona prema načelima ovoga načina, čim se bude radilo o jače istaknutom, relativno elastičnom temelju na temeljnom sloju osjetljivom za utjecaj vode (vezana tla). Moglo bi se prigovoriti i znatnom utjecaju



Slika 21

tereta na tlo preko granice. Isto se tako kao nedostatak toga načina mora istaknuti i potreba da se moment od temelja preuzme stijenom i prenese na gornju konstrukciju, što često dovodi i do vrlo neekonomičnog rješenja. Ovom se načinu prema tome može prigovoriti u pogledu pouzdanosti, a često i u pogledu ekonomičnosti. Ekonomičnost takvih temelja moći će se ocijeniti prema priloženom iskazu troškova, a razloge, zbog kojih držim ovaj način nepouzdanim, iznijet ću odmah ovdje.

Kod tog načina postoji, prije svega, mogućnost, da se temelj (i stijena), zbog znatnog momenta, zaokrene i pomakne, što zacijelo dovodi do povećanja toga momenta i do slike momenata, koja nije onakva, s kakvom se obično računa. Kod toga se načina pretpostavlja, kao što sam već spomenuo, dovoljna horizontalna reakcija u temelju, koja međutim može u nekim slučajevima djelomično, pa i sasvim izostati. Ta (horizontalna) reakcija normalno se ostvaruje trenjem između temeljne stope i tla, te eventualnim pasivnim tlakom zemlje s nutarnje strane temelja, a izuzetno i na drugi način. Maksimalna vrijednost trenja u temelju iznosi, kako znamo $\mu \cdot P$, odnosno $\nu \cdot F$, gdje je koeficijent trenja μ, odnosno nosivost od trenja ν nešto, što varira za različite vrste tla, no što može varirati i za isto tlo u različitim prilikama.

Pasivni tlak zemlje ne bismo zapravo uopće smjeli uzeti u račun (on je rezerva), to više što ga u nekim slučajevima ne će ni biti. Mislim, da je dovoljno podsjetiti na mogućnost, da se uz temelj izvede kanal za instalacije, da se temelj izvede stepenasto ili, općenito, da tlo uz temelj bude kod rada razrahljeno do te mjere, da pasivni tlak može doći do izražaja tek nakon znatnijeg pomaka temelja. Stoga se, na pr., katkada — za svaku sigurnost — izvode i posebne tlačne grede između temelja (sl. 22). To su, eto, razlozi, koji su me ponukali na tvrdnju, da temelji na međi, računati i izvedeni po ovom načinu, nisu pouzdani.

(Nastavak u narednom broju)

PRILOG BISHOPOVOJ METODI RAČUNA STABILNOSTI POKOSA

Ing. **Zdenko Eiler**, Geoistraživanja — Zagreb

Pri projektiranju objekata od nasutog materijala određuje se ili stabilnost nekog pokosa, ili se traži stabilni pokos uz dane uslove. Prestrmi pokos urušuje se tako, da se jedan dio otkine i klizne po nekoj plohi, pa se pri određivanju stabilnosti ispituje, da li postoji mogućnost poremećenja plastične ravnoteže pod danim opterećenjem i karakteristikama materijala tla u bilo kojem presjeku kroz pokos. Klizanje nastaje po zakrivljenim plohama, jednostavnim ili složenim, odnosno po čitavim zonama, u kojima se poremeti ravnoteža. Osnovna je pretpostavka računa stabilnosti, da je klizna ploha paralelna s pokosom, pa se u ravninu crtanja projicira kao zakrivljena linija, što omogućuje plošno promatranje prostornog sistema sila, koje djeluju na kliznu masu.

Račun stabilnosti postavljanjem jednadžbi po teoriji elastičnosti vrlo je kompliciran, a kod malo složenijih opterećenja i nemoguć, pa se u praksi primjenjuje ispitivanje probnih kliznih ploha. Kroz profil nasipa povuče se nekoliko mogućih kliznih ploha i za svaku odredi faktor sigurnosti, t. j. odnos između stvarne i potrebne posmične čvrstoće

$$(1) \qquad F = \frac{\tau_s}{\tau_p}.$$

Čvrstoću za smicanje određujemo po Coulombovu zakonu

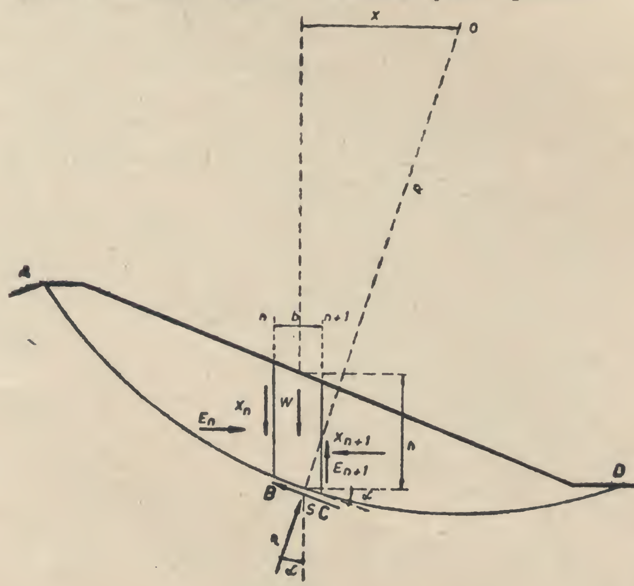
$$(2) \qquad \tau_s = c_s + \sigma \operatorname{tg} \varphi_s,$$

gdje je: c_s = stvarna kohezija,

σ = efektivni pritisak među zrncima strukture tla (intergranularni pritisak),

φ_s = stvarni kut unutarnjeg trenja,

Te se veličine odrede laboratorijskim putem.



Sl. 1 — Dispozija sila i klizne plohe

Iz jednadžbi (1) i (2) izlazi, da je

$$\tau_p = \frac{\tau_s}{F} = \frac{c_s}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi_s}{F}$$

odnosno:

$$(3) \qquad \tau_p = c_p + \sigma \operatorname{tg} \varphi_p,$$

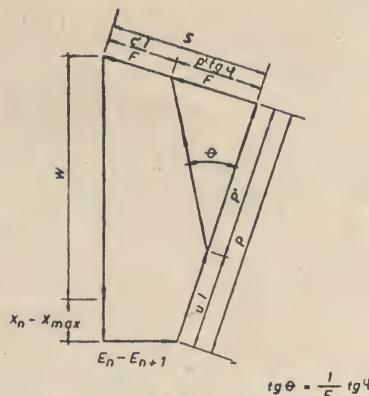
gdje su oznake analogne onima iz jednadžbe (2), samo mjesto stvarnih dolaze veličine potrebne za održavanje ravnoteže.

Klizne plohe mogu biti: ravne, kružne konkavne, spiralne ili kombinirane ravne i kružne konveksne. Te kombinacije dolaze najčešće u obzir pri određivanju stabilnosti pokosa. Obično se ispituje stabilnost po konkavnim kružnim kliznim plohama, što su uveli Švedani (Petterson 1916). Fellenius je kliznu masu razdijelio u lamele zbog toga, što je raspodjela vertikalnih naprezanja nepoznata i zahtijeva stanovite pretpostavke, čiju se ispravnost ne može uvijek provjeriti. On međutim promatra zbog jednostavnosti lamele odvojeno, bez međusobnog djelovanja jedne lamele na drugu. Daljnja rješenja dalo je više autora, kao May, Krey, Taylor i drugi.

Jednu od najnovijih metoda, koja je predmetom ovog članka, prikazao je na Evropskoj konferenciji za stabilnost pokosa, održanoj u Stockholmu 1954., A. W. Bishop. Ta metoda uzima u obzir i sile, koje djeluju među lamelama na relativno jednostavan način. Na slici 1 prikazana je skica raspodjele sila, koje djeluju na jednu lamelu, a na sl. 2 poligon tih sila. Iz dva statička uvjeta ravnoteže: $\Sigma M = 0$ i $\Sigma V = 0$

t. j. da suma momenata oko centra klizne plohe i suma projekcija svih sila u vertikalu mora biti jednaka nuli, dobiva Bishop jednadžbu, koja je, nešto pojednostavljena, dana izrazom:

$$(4) \qquad F = \frac{1}{\Sigma W \sin \alpha} \Sigma \left[c\, b + \operatorname{tg} \varphi\, W (1 - B) \right] n,$$



Sl. 2 — Poligon sila

u kojem je:

b = širina lamele,

c = kohezija materijala u dijelu klizne plohe ispod lamele,

φ = kut unutarnjeg trenja materijala u dnu lamele,

B = koeficijent pornog tlaka $B = u \frac{b}{W}$,

u = porni tlak,

W_1 = težina nasutog materijala u lameli,

W_2 = težina materijala podloge u lameli.

Faktor *n* zavisi uz faktor sigurnosti još i o kutu unutarnjeg trenja i kutu nagiba klizne plohe, a ima oblik

$$n = \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \varphi}{F}}. \tag{5}$$

Faktor sigurnosti dan je implicitno, pa se račun provodi metodom iteracije. Najprije se odredi približna vrijednost faktora sigurnosti F, a zatim odgovarajuće vrijednosti faktora *n*, kojima se korigira ranije dobivena vrijednost faktora F. Tako dobiven faktor sigurnosti u većini slučajeva je već dovoljno točno određen. Približna vrijednost faktora sigurnosti dobiva se uz pretpostavku faktora n = 1. Sam račun provodi se u tabeli s ovakvom glavom:

Pri izračunavanju oduzima vrlo mnogo vremena izračunavanje faktora *n*, pa je za njega sastavljen nomogram, koji je dan u slici 3.

Autor ove metode usporedio je rezultate računa stabilnosti većeg broja pokosa, dobivene po svojoj i ostalim metodama i dobio, da ova metoda daje za isti pokos veće faktore sigurnosti od Felleniusove, što svakako govori u njen prilog, kad se radi o ekonomičnosti projekta. S druge strane, vrlo je teško odrediti stvarne sile među lamelama, pa je načinio također usporedbu rezultata određenih rigoroznim uzimanjem svih sila i onih, određenih kako je dano u ovom članku. Ustanovio je, da je razlika mala, gotovo nikakova, ako se uzme u obzir svrha, kojoj ti računi služe.

U poduzeću »Geoistraživanja« primjenjuje se ova metoda već dulje vremena, naročito za račune stabilnosti nehomogenih presjeka. Dosadašnja iskustva pokazuju, da se Bishopovom metodom razmjerno jednostavno dolazi do vrlo točnih rezultata, potrebnih za ekonomično projektiranje pokosa, a naročito nasutih brana nehomogenog presjeka.

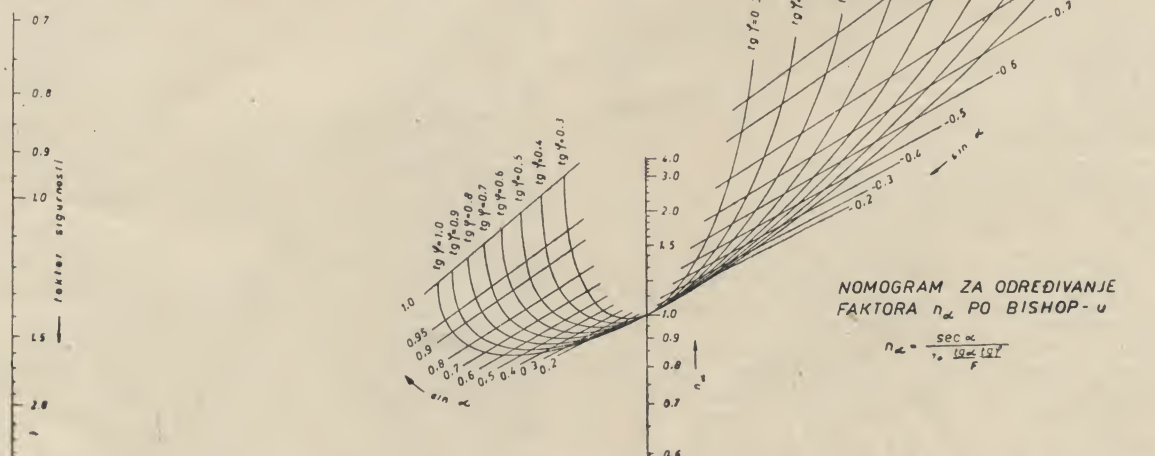
Literatura:

[1] A. W. Bishop: The use of slip circle in the stability analysis of slopes — Proc. of the Europ. Conf. on Stab. of. Earth Slopes. Vol. 1. Stockholm 1954.

[2] L. Šuklje: Mehanika tal (skripta) — Ljubljana 1957.

Lamela	b	γ	h	$h \cdot \gamma \cdot b$	W_1	W_2	ΣW	$\sin \alpha$	$\Sigma W \sin \alpha$	c	$c \cdot b$	$\operatorname{tg} \varphi$	$1-\overline{B}$	$W_1(1-\overline{B})\operatorname{tg}\varphi$	11+14	n	15·16
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Lamele se odabiru tako, da dio klizne plohe ispod jedne lamele uvijek ima iste karakteristike, t. j. da u slučaju nehomogenog presjeka uvijek bude u istom materijalu. Sama lamela može se po visini sastojati i od više materijala, što se uzima u obzir pri određivanju njene težine.



Sl. 3 — Nomogram za određivanje faktora n_α po Bishop-u

S naših i inostranih gradilišta

ZAPADNI PAVILJON NA VELESAJMU U ZAGREBU

Ing. **Kruno Tonković**, Zagreb

Zgrada Zapadnog paviljona na Velesajmu u Zagrebu bizarnih je oblika, koji su čini nam se veoma podesni za oživljavanje velesajma.

Interesantna je to novost i po tome što su mnoge stvari toliko nove, da se na njima teško usklađuje osjećaj potrebnih dimenzija na koje smo navikli kod standardnih konstrukcija.

Zapadni paviljon imade u tlocrtu veličinu 95 na 40 metara. Krovište paviljona predviđeno je visećeg tipa pa ta zgrada imade rekordnu konstrukciju s visećim krovom, jer tako veliki rasponi još nisu drugdje dostignuti.

Odluka za izgradnju ovoga paviljona pala je tekar početkom maja ove godine. Idejni projekt izrađen, je po ing. arh. Ivi Vitiću, a na bazi približnih računa šljunka i pijeska na veliku dubinu. Predpostavljali smo, da će slojevi tla biti takve kvalitete, koja po propisima dopušta opterećenje od 3,5 do 4,0 kg/cm², pa proračunski pritisci iznose 4,2 do 3,5 kg/cm².

Kasnije, kad su temelji već bili iskopani konstatirano je sondiranjem, da se ispod temelja bočnih stijena nalaze koji metar debeli posve slabi slojevi. Na sreću takvih slojeva nije pronađeno ispod zabatnih stijena. Budući da su i za konstrukciju krovišta slijegavanja bočnih stijena interesantna radi prednapinjanja poprečnih kablova bilo je potrebno pojačati temelje ispod tih stijena. Zato su, prvotno projektirani pojedinačni temelji spojeni u cjelinu pa je u temelje otišla znatna količina betona i povećan iskop tla s kojim se prije nije računalo.



fiksirane su dimenzije i oblici zgrade. Glavni je projekt započet 15 maja, a bio je dovršen za 45 dana. Čitava zgrada pak izvedena je sa provizornim pokrivanjem kablova krovišta pomoću cerada do kraja mjeseca augusta, dakle za svega dva i po mjeseca. Nije se doduše stiglo definitivno dovršiti krov i neke druge detalje, ali je za Jesenji velesajam objekt bio pravodobno priređen i poslužio je svojoj namijeni.

Kod odlučivanja o izgradnji paviljona bilo je izričito rečeno, da taj objekt mora biti gotov do kraja augusta, ili ga nema smisla ubrzano graditi. Vrhovni je dakle bio zakon, da se zgrada mora koristiti već tri i pola mjeseca nakon što je pala odluka da se uopće gradi, odluka koja je donijeta na bazi idejnih skica, uglavnom čisto arhitektonskog karaktera.

Ne samo, dakle da je ovaj objekt izvanredan po svjetskom rekordu raspona i po tome što se takva konstrukcija po prvi puta gradi po našim ljudima, nego je to u pogledu roka bio za naše prilike upravo nevjerojatan podvig.

Za temeljenje paviljona nije bilo moguće niti pravodobno ispitati tlo. Prema podacima s obližnjih zgrada moglo se predviđati, da će to biti izmiješani slojevi

Za izgradnju i troškove bilo je interesantno da se nije moglo čekati niske vodostaje te temeljiti dublje u tlu, nego je trebalo ostati visoko. Tako je dno temelja tek 3 metra ispod poda hale, a budući da je teren niži od toga poda to se temelj nalazi u tlu stvarno tek kojih 2 m, a negdje niti toliko.

To je zanimljivo obzirom na rezultate ispitivanja stabilnosti zabata, koji— pojedinačno — daju sigurnost samo sa 1,16 a za čitav zabat sigurnost je 1,52 uz predpostavku, da će se povrh temelja nalaziti sloj tla od 30 do 40 cm i da je okolno tlo uz temelje takvo da će svojim trenjem znatno povećati stabilnost. Te predpostavke do sada nisu ostvarene.

Predviđanje plitkih i masivnih temelja bilo je podesno radi toga što se je vrlo jednostavno i brzo moglo iskopati građevne jame. Radilo se je s buldožerima sve do pola metra više dna temelja. Da smo išli na koje drugo temeljenje: pilote, zdence, kesone i sl. nebi moglo biti uopće govora o pravodobnom dovršetku zgrade.

Usto su blokovi temelja na zabatima odlično došli za oslanjanje skela za zabatnu stijenu.

Zabatne stijene zgrade projektirane su kao rebrasta armirano betonska konstrukcija tako da se zabat sastoji od stijene, koja je nagnuta prema van, a sastavljena je od dvije ravnine, koje se sijeku u simetrali širine hale. a stijena je pojačana rebrima, koja su promjenjljive visine i širine. Na krajevima je stijena visoka 16,0 m a u sredini 15,0 m.

U pogledu sa strane zabat imade oblik malog grčkog slova lambda, a u pogledu s čela rebra imaju oblik velikog latinskog slova Y. Razmak uzdužnih rebara iznosi na vrhu temelja 8,5 m, a razmak krakova rašalja na vijencu iznosi 5,0 m.

Statička shema zabata je dvozglobni trokutasti okvir, kojemu je jedan štap produljen u konsolu, koja se u okomitoj ravnini rašlja na dva kraka.

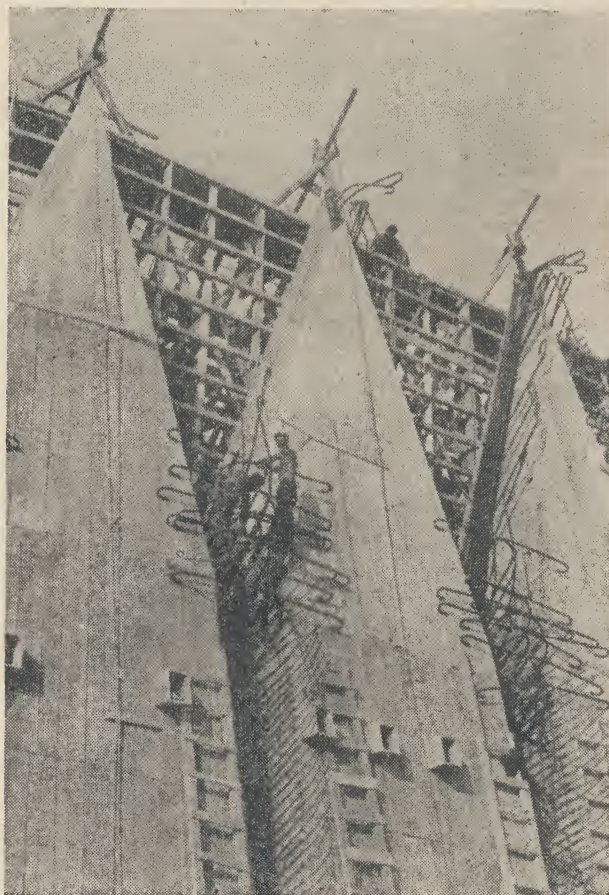
Gornji dio zabatnog zida je konsolni nosač, koji na vrhu nosi prilično velike horizontalne sile od glavnih užadi. Te sile dosižu veličinu od preko 50 tona po tekućem metru vijenca.

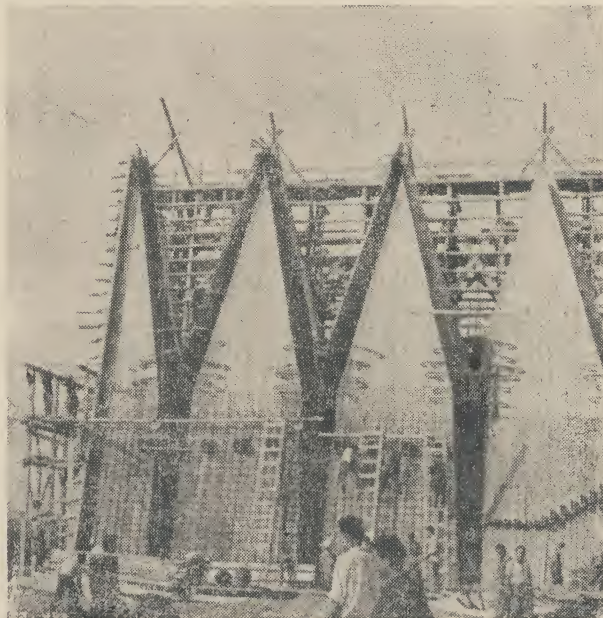
Na vrhu su kablovi prišvršćeni putem čaura i klinova o vijenac zabata. Ti će se dijelovi nakon definitivnog napinjanja užadi zaliti cementnim mortom i tako blokirati, te osigurati protiv izvlačenja.

Veličina napinjanja kablova određena je veličinom strelice užadi u sredini hale.

Po proračunskim vrijednostima iskorišćenje dopuštenih napona u armaturi i betonu zabata izgleda ovako: Čelik normalne kvalitete profila 32 i 40 mm iskošten je sa 1 400 kg/cm². Beton je u T-profilu iskorišten sa 66,77 i do 108 kg/cm². Ne manje zanimljive su veličine posmičnih napona u betonu, koje dosižu do 33 kg/cm².

Kod ocjene gornjih vrijednosti treba usto imati u vidu, da radi brzine izvedbe nije bilo vremena za provedbu propisanih predispitivanja cementa, betona i agregata nego se je upotrebljavalo materijal na bazi podataka sa drugih radova. Tekar naknadnim kontrolnim kockama doznalo se je s čime se otprilike raspolaže. Zatim, kod betoniranja trebalo je voditi više računa o brzini izvedbe nego o postizavanju što većeg kvaliteta betona.





Tako izvedena betonska konstrukcija bila je opterećivana već t r i d a n a n a k o n d o v r š e t k a b e t o n i r a n j a, a 13 d a n a n a k o n t o g a b i l e s u s k i n u t e s v e s k e l e i oplate, a radilo se je s običnim cementom.

Bočne su stijene izvedene kao vlačni elementi od sistema ukrštenih dijagonala. Te su dijagonale gore povezane čeličnim vijencem, koji imade oblik lančanice. Strelica vijenca iznosi 7,5 m. U presjeku je vijenac širok 75 cm i visok 30 cm, a izrađen je kao čelično korito, koje se kasnije ispunja betonom.

Okna između štapova stijena zatvorena su staklom. odnosno na stanovitim mjestima salonitnim pločama. Kod ostakljenja potrebno je voditi računa o utjecaju deformacija stijene koje su nosivi elemenat, jer bi inače kod rada krovišta mogla popucati stakla. Prilikom provizorne izvedbe se je dogodilo, da su nepotrebno izrađeni čitavi okviri od šprljaka, koji se sastoje od po dva ugaonika 50 x 50. Takovim nespretnim i teškim šprljcima je osnovna širina dijagonala koja iznosi 18 cm povećana na 29 cm. Ovaj je detalj vrijedno istaknuti, jer je s jedne strane nelogično smanjivati do krajnosti dimenzije nosivih elemenata, a zatim posve nevažnim i nepotrebnim obrtničkim dodacima povećavati elemente u izgledu tako reći na dvostruko.

Na sreću je popravak jednostavan, jer je za prihvatanje stakla dovoljno staviti kratke odreske od sadanjih okvira u unutarnji krak ugaonika dijagonala.

Prilikom definitivnog napinjanja poprečnih užadi potrebno je i tako sadanje ostaklene plohe skinuti, da staklo ne popuca.

Radi izgleda sve su dijagonale jednakog profila, a sastoje se od ugaonika 90 x 130. Taj je profil trgovačke kvalitete odabran sa skladišta i dobavljen u roku od kojih tjedan dana. Radi kratkog vremena nije bilo moguće posebno naručivati materijal za valjanje po slobodnom projektu. Na odlučnim mjestima je materijal iskorišten tako da naponi dosižu 1 336 kg/cm². Usto su u istom presjeku nastavljani svi profili. Nastavak je izveden zavarivanjem, na sučeljak bez pojačavanja. U projektu je bilo predviđeno, da se nastavci izrade na raznim mjestima, ali je radi transporta poduzeće to izmijenilo.

Na kosnicima. koji pridržavaju bočne stijene obješena je galerija. Ti su kosnici povezani sa drugim, unutarnjim kratkim kosnicima, koji također nose galeriju. Zbog složenih naprezanja, koja se javljaju u kosnicima stupovi su morali imati dosta jaki profil.

O galeriji se nema ništa naročito reći. Nosači su galerije traverze u standardnim dimenzijama prema onome što se moglo dobaviti. Na traverzama se nalazi armiranobetonska ploča debela 6 cm. Preko te ploče će se staviti 2 cm debeo sloj asfalta. Pokretno opterećenje na galeriji računato je za 500 kg/m². Za povezivanje ploče i traverza predviđeni su mali moždanici od betonskog gvožđa. Naprezanja su u odlučnim presjecima iskorištena do krajnjih granica i obzirom na napone (1399) i obzirom na progibe (1 : 194).

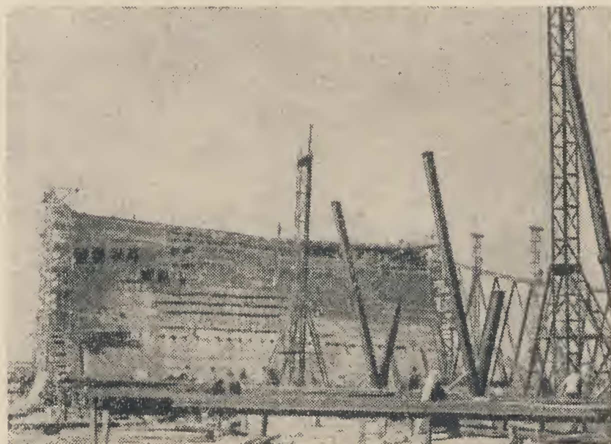
Okolnost, da su nosači galerije predviđeni od valjanih profila dovela je do povećanja količine čelika. Rešetkasti nosači bili bi lakši, ali je jedinična cijena takvih nosača toliko visoka, a rok je izvedbe dugačak da se nije imalo smisla upuštati u kompliciranije izvedbe sa vrlo dubioznim mogućnostima uštede. Veze nosača izvedene su pomoću vijaka tako, da na gradilištu nije bilo potrebno ništa zakivati.

Osobitost na tome objektu je krovište, koje se sastoji od pravokutne mreže uzdužnih i poprečnih užadi napetih u smjeru zabata, odnosno u smjeru bočnih stijena. Glavna užad je obješena u smjeru većeg raspona, koji iznosi 95 do 91 metar. Strelica kablova iznosi u sredini 5,0 m a uz bočne krajeve 7,5 m. Jedni i drugi kablovi razmaknuti su na 1,25 m udaljenosti tako da su okna mreže 1,25 x 1,25 m.

Iz toga proizlazi, da je za prekrivanje korišten veći raspon, što na prvi pogled, izgleda nespretno, ali ako promotrimo funkcije užadi vidjet ćemo, da se ne može ova konstrukcija ocjenjivati kao druge uobičajene konstrukcije.

Naime, poprečna užad imade izvanredno važnu funkciju, jer su to elementi, koji opnu krovišta čine napetom. Pomoću tih užeta napinjemo glavne kabele toliko, da se provjese na veličinu strelice, koja odgovara veličini deformacija pod najvećim opterećenjem u eksploataciji.

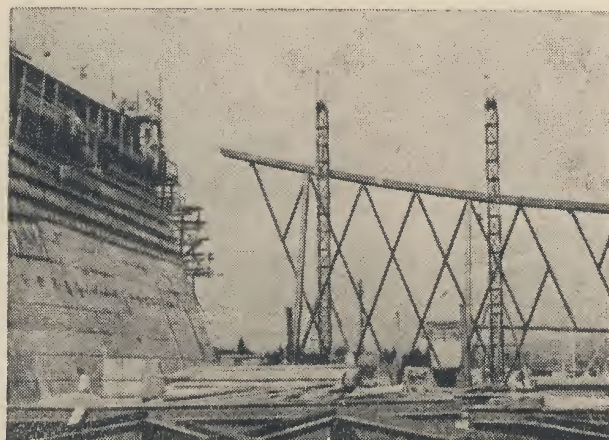
Kad dakle bude definitivno gotovo krovište tada će u glavnim i poprečnim kablovima postojati visoki naponi. U slučaju nailaska bilo kojeg opterećenja smanjivat će se sile u poprečnim kablovima dok će glavna



užad ostati bez znatnijih promjena. Kod toga je najvrijednije, da će progibi krovišta zato ostajati uglavnom konstantni za svaki slučaj opterećenja krovišta ozgo.

Protiv djelovanja koja bi mogla uzdizati krovište ozdo djelovat će težina krova, koja je tolika, da takvi utjecaji ne mogu doći do izražaja u deformacijama krovišta u znatnijoj mjeri. Da se spriječi odizanje krovišta potrebno je da krov bude težak barem 60 do 80 kg/m². Ovdje je predviđena težina od 80 kg/m², pa usisno djelovanje vjetra neće izazvati poremećaje.

Laki pokrovi nisu za ova krovišta podesni. To je naročito vrijedno istaknuti, jer se je hala privremeno morala pokriti ceradom, koja je ekstremno lagana.



Krovište je dakle prednapeta zakrivljena opna, koja i bez vanjskih opterećenja stoji napeta. Takva se membrana može načiniti prednapetom samo onda ako je dvostruko zakrivljena i to tako, da je u smjeru nosivih, glavnih užeta zakrivljena prema gore, dakle udubljena, a u smjeru prednapinjanja, da je zakrivljena prema dolje tj. izbočena. Time dobivamo sedlast oblik membrane, pa takav oblik imademo i ovdje pri sredini hale. Poprečna zakrivljenost membrane najveća je u sredini hale. Prema zabatima zakrivljenost je sve manja do neke točke infleksije pa je nakon toga ploha zakrivljena u protivnom smjeru.

Prednapeta opna je prostorni dosta kruti nosač, koji će se pod opterećenjem malo deformirati, ona posjeduje stalan oblik, a usto će svako titranje biti brzo prigušeno. Prednost je njena u tome što takva membrana nije ovisna o vlastitoj težini obzirom na deformacije užadi, jer te deformacije ne dolaze do izražaja, što znači da možemo koristiti u punoj mjeri visoke čvrstoće žice, jer nas u tome ne priječe prevelika progibanja. Radi toga možemo lakše izraditi izolacione i druge slojeve pokrova, a vibracije, koje neugodno djeluju na posjetioca ovdje su neznatne.

Statički proračun krovišta baziran je na uobičajenim predpostavkama, kojima se inače nastoji sa što većim približenjem obuhvatiti stvarne odnose i raspodjelu sila u konstrukciji. Ovdje je bilo poteškoća u tome što je krovište po prostornom obliku izvitoperena ploha kojoj se presjek neprekidno mijenja u oba smjera. Izvedbeno je taj oblik lako postići, jer je dovoljno uzdužne kablove objesiti sa točno određenim strelicama kontroliranim samo u sredini raspona pa je time oblik plohe definiran. Budući da svaki kabl imade drugi raspon i drugu strelicu to se proračun komplicira, a daljnja je zamršenost u tome što se od sredine prema krajevima i oblik poprečnih užadi ispravlja u pravac i dalje još udubljuje, pa je teško odrediti intenzitet opterećenja glavnih užeta putem prednapinjanja poprečnih kablova.

U stvari, nije ovdje toliko niti interesantno da li će se u nekom užetu javiti za koji postotak veći ili manji naponi, pa nema smisla niti predaleko ići u traženju teoretski točnih rezultata statičkog proračuna koji je vrlo štur i u slučaju najveće točnosti, jer ne daje uvida u daleko interesantnije mogućnosti titranja krovišta, ljuljanja i prigušivanja. Usto je vrlo teško obuhvatiti opterećenja koja će u eksploataciji naići i druge odnose i pojave, koji čine zbir predpostavaka na kojima mora

bazirati statički proračun, a koje su u mnogome vrlo grube. Za iznalaženje veličine titranja i načina rasprostiranja i prigušivanja valova bilo bi potrebno izraditi modele i na njima te pojave detaljnije proučiti. Ali, za to nije bilo vremena, pa se opet jednom dogodilo, da će objekt biti ujedno i svoj model.

Kod proračuna uzeti su dopušteni naponi za žice kablova sa 5 600 kg/cm². Kablovi su projektirani od ravnih žica vezanih u snopove. Koeficijent sigurnosti za žicu visećih krovišta nije definiran propisima, ali se možemo orjentirati prema sigurnosti koja se traži na mostovima i kod prednapetog betona. Za mostove se uzima 35 do 45%, a za prednapeti beton 55% za početna stanja i 45 do 50% za trajna stanja. Prema tim vrijednostima i prema podacima iz literature mogli bismo ovdje gdje je odnos čitavog opterećenja prema pokretnom otprilike 2,5 uzeti koeficijent sigurnosti sa 40%. Trebali bismo dakle žicu jačine 140 kg/mm². Ali, kod ocjene opteretivosti kablova treba uzeti u obzir i mogućnosti prihvatanja tih sila na krajevima.

Glavni su kabeli sastavljeni od 48 žica profila 5 mm, a poprečni od 12 žica jednakog profila. Taj se je materijal mogao dobiti sa skladišta poduzeća. Prema bočnim stijenama kablovi mogu biti tanji jer su tamo sile manje. Poprečni kablovi se također smanjuju od sredine prema zabatima. Takvim se smanjivanjem postižu uštede na težini žice, ali se nešto gubi na tome da spone moraju biti različne.

Za vezanje žica u kablove i kablova međusobno projektirane su originalne male i veće spone. Detalj je vrlo jednostavan i spretan, a riješen je tako da se može rastaviti i sastaviti te po volji pritezati. Da je to bilo podesno vidi se po tome što je trebalo kabele provizorno montirati radi izrade provizornog krova, a kasnije ih treba skinuti te raditi definitivni krov.

Glavni kabel sa 48 žica ima proračunski napon 5 540 kg/cm².

Poprečni kablovi imaju ukupno naprezanje u slučaju djelovanja vjetra 6 800 kg/cm². Za taj je slučaj računato sa povećanim dopuštenim naponima.

Kod pokrova je najvažnije pitanje zaštita protiv oborina. Kao izolacioni sloj za vodu najbolje je staviti bakreni ili aluminijski lim ili pak ne toliko skupi pocinčani lim, kojega se može premazima dovoljno zaštititi od propadanja.

Ljepenka nije podesna, jer je kod ovoga krovišta njena trajnost vrlo dvojbena, a sigurnost i posve novoga pokrova minimalna.

Razni drugi bitumenski premazi nisu dovoljno pouzdani na plohama koje mijenjaju nagib. Specijalni sastavi masa nisu nam niti poznati pa bi ih trebalo nabaviti iz inostranstva. Usto kod nas nema niti iskustva u izradi takvih slojeva.

Osim slojeva za hidro, higro i toplinsku izolaciju potrebno je izraditi krute ploče između kablova, koje mogu prenositi terete na mrežu užadi. Za izradu takvih ploča imade nekoliko mogućnosti od kojih su detaljnije promatrane niže navedene.

Prva je varijanta, da se mreža pokrije drvetom i to sa dva sloja dasaka, koje će se položiti dijagonalno jedan sloj u jednom, a drugi u drugom smjeru. Time dobivamo od samih dasaka kontinuiranu membranu, koja je vrlo elastična i koja kao takva radi visoke čvrstoće drveta na vlak i pritisak može preuzeti sile i kod glavnog prenosa sila. Za ukrućenje dasaka i za prenos koncentriranih sila predviđen je ispod dasaka drveni okvir. U suhom prostoru ozgo zaštićenom limom drvo je neograničene trajnosti.

Druga je varijanta, da se izrade betonske gotove ploče i da sa putem kuka one objese o kablove a reške između njih naknadno zaliju cementnim mortom ili bitumenskom masom. Kod toga ploče moraju biti posve tanke da im težina ne bude prevelika (svega imademo na raspolaganju kojih 60 do 80 kg/cm²), pa bi morali upotrebiti laki beton. Ploče moraju biti armirane. Kod takva krova moramo računati s pojavom pukotina u betonu bez kojih bi teško bilo moguće izvesti krovište. Pukotine možemo spriječiti na taj način da posebno prednapnemo kablove prije montiranja ploča i zalijevanja pa zatim otpuštanjem kablova dobijemo u pokrovu pritisak. Takav je rad vrlo kompliciran osobito obzirom na to da se zakrivljenost opne mijenja duž raspona. Naravno, da se ti problemi javljaju samo u slučaju ako ploče naknadno zalijemo betonskom smjesom pomoću koje bi dobili monolitnu membranu; druga je stvar ako se zalijeva bitumenom. Kod bitumena se opet postavlja pitanje curenja bitumena na strmim partijama površine a usto je takvo rješenje bitno lošije jer u tome slučaju beton ne sudjeluje u radu čitavog krovišta nego je to nekonstruktivni balast. U oba slučaja zalijevalo se mortom ili bitumenom ozgo treba staviti limeni pokrov ili specijalnu masu.

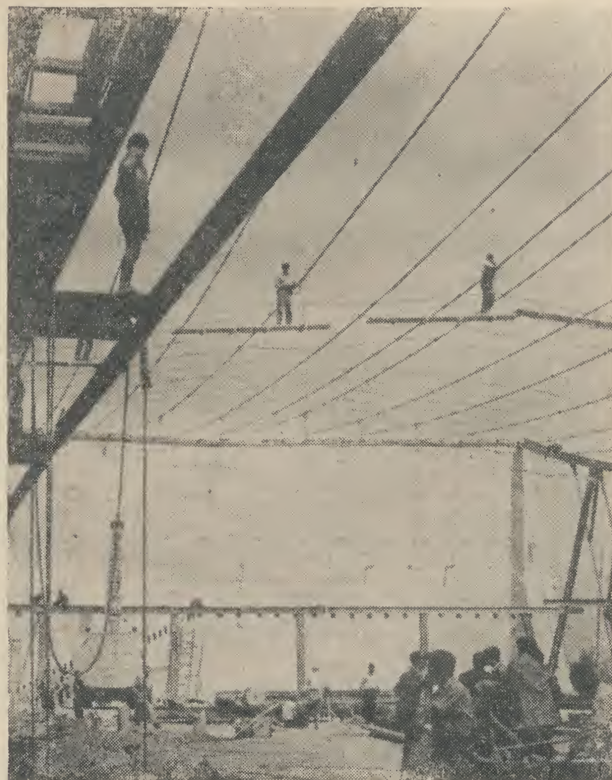
Treća bi bila varijanta, da se pokrov izradi od limenih ploča debelih min 2 mm, koje bi se međusobno zavarile u monolitnu opnu. Lim je jednostavno pričvrstiti o mrežu užadi na mjestima svakog križanja kablova gdje i tako postoje četiri matice vijaka. Između pločice spone i lima trebalo bi umetnuti pločicu od plastične mase, da spoj bude elastičan i bez buke.

Takvi bi limovi mogli biti profilirani štancanjem, da bi se time dobila dovoljna nosivost u kvadratu mreže. Limove bi ozdo premazali bitumenskim zaštitnim premazima, a ozdo bi objesili izolacione slojeve. Ploča tako dobivena bila bi monolitni elemenat, koji bi sudjelovao u radu čitavog krova. Rješenje je dakle, kao i drveni pokrov, konstrukterski potencijalno.

Ako bi takve ploče stavili kao odjelite komade na okna mreže dobili bi sve nedostatke nabrojene kod betonskih ploča zalivenih bitumenom plus daljnji nedostatak, da bi takav pokrov kod jačih vjetrova vjerojatno bučio.

Za zaštitu žica i kablova predviđeno je premazivanje minijem na uobičajeni način te zatim dva sloja bitumenskih premaza za metalne dijelove.

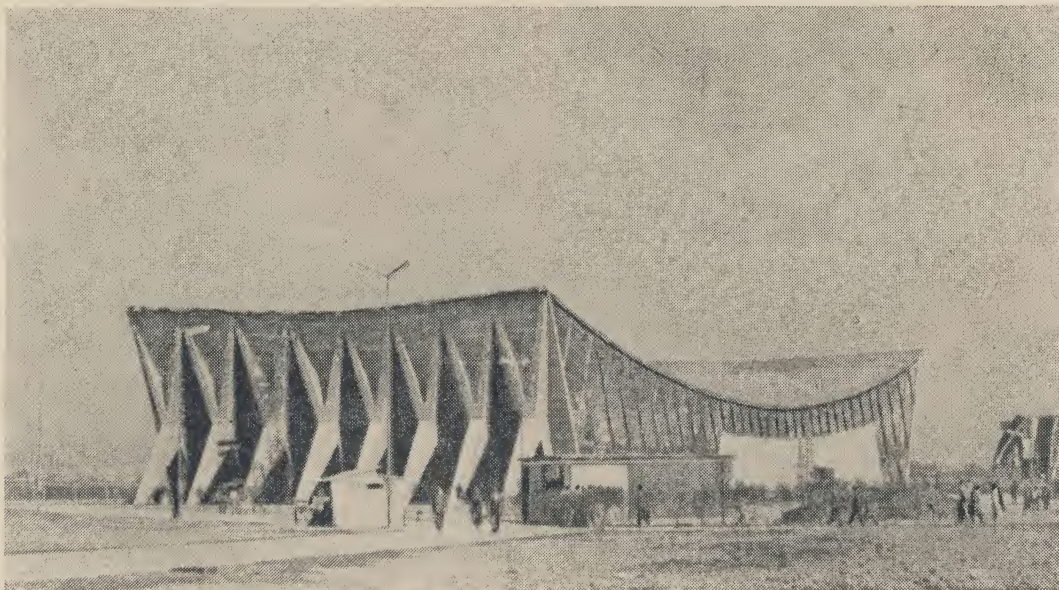
Izgradnja bilo kakvog objekta, koji predstavlja svjetski rekord u nekom vidu uvijek znači nešto osobita i redovito je predmet pozitivnih i negativnih komentara s raznih strana.



Karakteristično je ovdje sa konstrukterskog stanovišta, da je rok za izradu projekta bio upravo nevjerojatno kratak kad se uzme u obzir da je konstrukcija toliko osebujna, da nitko kod nas nije bio olako pripravan, da tako »preko noći« konkretizira više manje samo pročitana znanja o takvim konstrukcijama. Ne manje je karakterističan rok, koji je preostao za izgradnju, kako građevnih, tako i metalskih radova. Treba uputiti najodličnije priznanje poduzećima, (Tehnika — Zagreb, Metalna — Maribor, Jugobeton — Zagreb, Sport Heruc — Zagreb), koja su u tako kratkom roku ostvarila radove, koji su bili ne samo opsežni nego i komplicirani.

Iz podataka, koji su navedeni, vidi se, da su po proračunu dopušteni naponi materijala oštro iskorišteni razliku od stanja na primjer kod lukova kod kojih takve pojave znače potencirano približavanje slomu. Stoga unatoč činjenice, da će se proračunska naprezanja uistinu pojaviti u elementima konstrukcije već prilikom građenja, ipak je zadovoljeno svim zahtjevima postojećih propisa i podacima koje o takvim konstrukcijama nalazimo u literaturi. Činjenica je zatim, da ćemo prije predaje objekta u eksploataciju imati uslijed davanja prednapona, rigorozno ispitanu konstrukciju na ekstremna opterećenja, pa će sigurnost u eksploataciji biti nedvojbeno dokazana.

Drugo je pitanje koliko će objekt koštati. Prirodno je, da izvanredno forsiranje izgradnje povećava znatno troškove pa radovi moraju biti skuplji negoli bi bili, da je objekt izvođen u ekonomski optimalnom roku



i to do granica, koje se daju za normalne prilike, za normalne rokove građenja i za notorne objekte, što se obično ne radi na rekordnim konstrukcijama.

Kod radova u takvoj brzini, međutim, nije se moglo regularno naručivati i ispitivati materijale i radove. Uzmimo samo zavarivanje, koje je rađeno bez kontrole, bez prethodnih ispitivanja elektroda, materijala i zavarivača, a zavarivalo se tako reći dan i noć, na gradilištu bez zaštitnih uređaja, a bilo je kiše i nevremena na pretek. Slično su se odvijali i drugi poslovi, ali, radovi su završeni u roku i jedino su na takav način mogli biti završeni.

Unatoč toga nema razloga zabrinutosti, jer je opasnost sloma kod viseće konstrukcije bitno manja nego kod drugih sistema. Ovdje naime, uvećane deformacije, koje prethode slomu, povoljno djeluju na veličinu naprezanja i sila u konstrukciji. One ih smanjuju, za svoje izgradnje. Za sada još nisu poznati konačni rezultati koštanja, ali je jasno, da se oni moraju gledati kroz prizmu izvanredno prekovremenog rada i toga, da se je upotrebilo ono što se je moglo dobiti, te kroz prizmu ekstravagantnosti objekta u kojem smislu nema razloga ovaj objekt uspoređivati sa običnim standardnim pokrivalima prostora.

Interesantno je, međutim, usporediti podatke o koštanju hale takva tipa koja je izgrađena nedavno sa nešto manjim rasponom u USA. Ta je hala imala znatno povoljniji oblik, a horizontalne su sile krovišta bile povoljnije preuzete putem ukoso položenih lukova, a ne preko konsolnih stijena. U literaturi se navodi, da je ta hala stajala 180 dolara po kvadratnom metru tlocrta. Gornja je svota koštanje objekta izvedenog u normalnom roku izgradnje.

II SAVJETOVANJE JUGOSLOVENSKIH STRUČNJAKA ZA HIDRAULIČKA ISTRAŽIVANJA

II Savetovanje jugoslavenskih stručnjaka za hidraulička istraživanja će se održati od 29. do 31. maja 1958 godine na Bledu:

Za savetovanje će se podnositi referati koji obuhvataju sledeće teme:

1. Hidraulički problemi kod sist. za navodnjavanje
2. Rečna hidraulika, akumulacioni baseni i problemi nanosa
3. Brodska i pomorska hidraulika, hidraulika brodarskih komora
4. Problemi strujanja kod turbo mašina
5. Hidraulika ustava i zatvarača
6. Problemi nestalnog kretanja
7. Kretanje podzemne vode
8. Evakuacioni organi na branama, aerovani tokovi.

Prijave referata, koje obuhvataju naslov referata i njegov kratak sadržaj se primaju do 1. marta 1958 godine.

Referati se primaju do 1. maja 1958 godine.

Prijave učesnika na Savetovanju se dostavljaju do 1. maja 1958 godine.

Prijave referata, referate i prijave učesnika treba slati na adresu organizatora Savetovanja. Vodogradbeni laboratorij, Ljubljana, Hajndrihova ulica, a kopiju prijave referata treba poslati i Sekretarijatu Jugoslovenskog društva za hidraulička istraživanja — Hidraulička laboratorija Avala, Beli Potok, srez beogradski.

INTERBAU I OBNOVA BERLINA

Ing. arh. **Zdenko Kolacio**, Zagreb

Ne znam, dali sam jednom negdje čitao ili sam to čuo od nekog nedavnog posjetioca Berlina, da su sve ruševine u ovom gradu odstranjene, da ih se više ne sreće, da je na njihovim mjestima sada ili nova izgradnja ili zelenilo itd. Posjetom Berlinu uvjerio sam se da to ipak nije točno. Vrlo je mnogo učinjeno, na mnogim mjestima gdje je nekoć ponosno stajao ovaj ili onaj objekat danas je zamijenjen novogradnjom nove suvremene arhitekture ili dobro uređenom parkovnom plohom, ali je i pored učinjenih napora još mnogo napuštenih i oštećenih zgrada i hrpa pocrnjenog kamenja. U zapadnoj i u istočnoj zoni Berlina nailazili smo na takve ostatke rata, na zaboravljene ruševine. Možda smo sreli nešto više takvih ostataka u istočnoj zoni Berlina, kroz koju kao da još nije prohujao tempo života jednog velegrada. Ali i zapadna zona Berlina pored sve blješteće reklame i stakleno-aluminijskih objekata nema još bujan život velegrada. Neprirodna dioba Berlina i Njemačke pogotovo se odrazuje u životnim prilikama toga grada.

Teritorij Berlina vrlo je velik, te kratak boravak u takvom gradu ne može biti dovoljan za pravilnu ocjenu dostignuća u izgradnji i izvlačenja konačnih zaključaka. Stoga su i ovi utisci potpuno subjektivni i možda negdje netočni. Pa ipak, nema sumnje da je tolika revija novogradnji, koja se posjetiocu niže pred očima vrijedna spomena, vrijedno je govoriti o tome i nadalje pratiti ove napore Berlina, koji nisu maleni ni po zahvatima, a ni po sredstvima koja se ulažu.

Jedan od neuobičajenih zahvata je svakako izgradnja četvrti Hansa, centralne i najvrijednije zone Berlina. Ova je gradska četvrt bombardovanjem u prošlom ratu najviše stradala. Bila je intenzivno i do maksimuma izgrađena. Uz monotone i dosadne ulice nizale su se bezbrojne gradske najamne kućerine. Danas je ovu izgradnju zamjenila rijetka izgradnja, diferencirana po dimenziji, te pogotovo po namjeni. Put koji je prevaljen od odstranjivanja ruševina i donošenja odluke Senata Berlina da se ta zona ne rekonstruira na rasteru nekadanjih ulica, pa preko dvogodišnjih rasprava vođenih sa vlasnicima ili njihovim nasljednicima koji su zahtijevali odštetu za 160 njihovih parcela, zatim preko organiziranja javnog urbanističkog natječaja za Hansaviertel i projektanskog rada na urbanističkim detaljima, na objektima, na hortikulturnim planovima, na planovima i elaboratima niskogradnje, do realizacija, treba zbilja cijeniti. Pogotovo, što se taj veliki zahvat izvršio na mjestu gdje je trebalo riješiti tolike privatno-pravne probleme.

U mnogim gradovima većeg ili manjeg formata, kod nas ili u nekoj drugoj zemlji, teško se tko odlučuje da energično uđe u rješavanje takvih složenih problema rekonstrukcije grada, jer kod toga treba »zagaziti« u problem vlasništva parcela, otkupa zgrada, njihova rušenja i stvaranja širokih mogućnosti za novu i suvremeniju izgradnju. Najčešće po koja mala kućica, sa uskim horizontom privatnog interesa vlasnika, pobrka mnogu dobru



U osnovi i u detalju uspjela kongresna dvorana izgrađena je prema projektu prof. Hugh A. Stubbinsa, arhitekta iz Cambridgea (USA) uz saradnju berlinskih arhitekata Werner Düttmanna i Franz Mockena.

zamisao i pripremljen plan. Evo zbog toga treba cijeniti taj pothvat Berlina, zanimljiv i poučan.

Nasuprot tako energičnim pripremama i dobro postavljenoj organizaciji, sa angažiranjem brojnih najvrsnijih i najrenomiranijih stručnjaka iz Njemačke i drugih zemalja Evrope i Amerike, urbanistički plan nije uspio, pa i pored činjenice da je konačnom planu predhodio jedan javni natječaj. O tome je već u decembarskom broju (1955 godine) revije »L'Architecture d'aujourd'hui« pisao N. D. L. R. ovo: »Naravno da se neke kritike mogu reći, među kojima je prva ona o slabosti skupnoga plana. Dobiva se utisak, da je nedostajala osnovna ideja, koja bi se energično provela u život. Plan se neprestano mijenjao i u nekim momentima moglo se strahovati od istinske katastrofe. Na svu sreću, malo po malo on se popravljao i ako možemo žaliti što se nije učinilo nešto bolje, no, četvrt će ipak biti ugodna i zanimljiva.« Bogato zelenilo Tiergartena što se provlači kroz novu četvrt, veliki broj vrijednih objekata i izvrsnih detalja svratiti će pozornost promatrača sa urbanističkih propusta, te će njih pronalaziti stručnjak. Iskustva graditelja Hansaviertela bit će korisna kod postavljanja budućih planova takve zamašne izgradnje. Isto su tako jedno negativno iskustvo prošlosti - koristili organizatori izložbe INTERBAU. Najme, diskusija povodom velike internacionalne izložbe u Parizu 1937 godine pokazala je neopravdanost trošenja ogromnih financijskih sredstava za izgradnju kvalitetnih provizorija. Bolje je i ispravnije takva sredstva usmjeriti za definitivne građevine koje se mogu i nakon izložbe koristiti. Kod izložbe INTERBAU sve se koristi, sva su sredstva dobro utrošena i nakon zatvaranja izložbe u stambene objekte ulaze novi stanovnici četvrti Hansa.



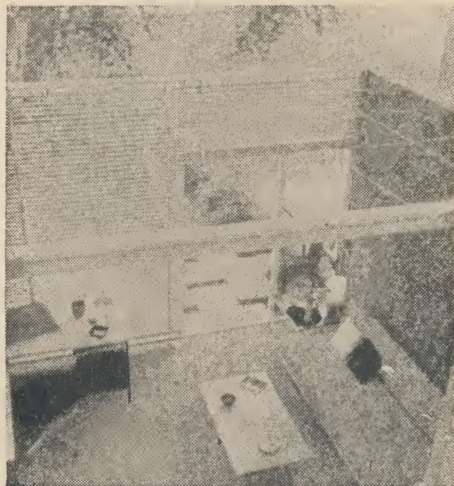
Na južnom dijelu zoološkog vrta izgrađen je taj interesantan objekt prema projektu arhitekata Paul Schwebesa i Dr. Hans Schoszbergera iz Berlina



U patiu čitaonice i biblioteke arhitekta Werner Düttmanna ukusno je smještena skulptura Bernhard Heiligera, te predstavlja uspješnu sintezu kiparstva i arhitekture

Nedostatak stanova u Berlinu, koji se očituje u potrebi izgradnje 20.000 stanova godišnje posebno je bio razlogom, da se pristupilo rekonstrukciji četvrti Hansa, jer se ovdje, koristeći saradnju velikog broja arhitekata-kreatora želilo dobiti odgovor:

kako treba da izgledaju socijalni stanovi prema zamisli arhitekta. Iz tog razloga odstupio je kod ovog konkretnog zadatka Berlinski senat od stroge primjene građevinskih propisa za grad Berlin ,te je arhitektima pozvanim na suradnju dao punu i slobodnu inicijativu za realiziranje naprednih misli.



Na izložbi »Grad sutrašnjice« izloženo je i mnogo kvalitetnog namještaja, ukusnog, laganog i adaptabilnog

Iz razloga što je izložba koncipirana tako, da se posjetiocima omogući razgledavanje već izgrađenih objekata, kao i objekata u izgradnji, u skelama, u temeljima i u projektu, imade još veliki broj zgrada kod kojih će se konačnu realizaciju sagledati za više mjeseci, pa i za godinu i više dana. No, već dovršeni objekti — barem veći dio — mogu nas zadovoljiti. Svi smo su oduševljavali odličnim rasporedom stanova arhitekta Alvar Aalta (Finska), arhitekturom stambene zgrade prof. Walter Gropiusa i grupe TAC (USA),, vrijednim likovnim djelom Oscara Niemeyera (Brazilija), niskom i razvedenom čitaonicom Werner Düttmanna (Berlin), kino-restaurantom arhitekata Ernst Zinssera i Hansrudolf Plarrea (Hannover-Berlin), kao i provizornim montažnim objektima što ih je zamislio i realizirao prof. ing. Karl Otto itd. itd. Kod tih, kao i mnogih drugih ostvarenja mora se zaključiti, da je uložen ogroman trud dao vrijedne i korisne rezultate.

Zapazili smo na izložbi i neka nova nastojanja u obradi pješačkih puteva, pored kolnih površina, kao i onih kroz parkovske plohe. Zatim jedno malo, ali vrlo interesantno dječje igralište, lijepe oblike stupova javne rasvjete itd.

Pored tih vrlo lijepih i vrijednih dostignuća iznenadio nas je ogroman armiranobetonski raster na 16-katnoj stambenoj zgradi arhitekta Hansa Schwipperta, funkcionalno slabo opravdan, raznolika vrijednost likovne obrade i detalja na zgradi Pierre Vagoa, neuredno vođenje instalacija i čudno lomljenje razdijelnih stijena u prostorima zgrade Oscara Niemeyera itd.

Konačnu ocjenu moći će se izreći istom po završetku čitave izgradnje, a pogotovo nakon što prostruji život kroz ovaj rekonstruirani kvart Berlina.

Izložba INTERBAU ne završava se u toj četvrti, ona se proteže i na Le Corbusierov objekt UNITÉ D'HABITATION u Charlottenburgu nedaleko olimpijskog stadiona, na krasan objekt kongresne dvorane američkog arhitekta prof. Hugh A. Stubbinsa, na brojne provizorne paviljone sa izložbama Nizozemske, Ceylona, Francuske, Filipina, Indonezije, Brazilije, Kube, Španije, Italije, Švicarske, Kanade, Velike Britanije, Venecuele i čitavog niza izložaba priređenih od raznih njemačkih ustanova. No i s tim izložbama nije zaključen krug akcije INTERBAUa, jer posjetilac razgledavanjem nove izgradnje, novih ostvarenja i ne misleći uključuje u izložbu sve nove objekte izvjesne vrijednosti što ih sreta u Berlinu.

U Charlottenburgu nedaleko olimpijskog stadiona situirao je Le Corbusier svoj veliki objekt sa 502 stana i 1700 stanovnika, jer se takav volumen nije mogao integrirati u Hansaviertel. Postava objekta istok-zapad ne samo da dopušta najbolju insolaciju, već pruža i najljepše vidike iz stanova na čitav grad prema istoku, te na jezero Havel i Grunewald prema zapadu.

Ovaj UNITÉ D'HABITATION po zamisli je jednak onome što je realiziran u Marselju, samo sa tom razlikom što je zbog temeljenja u prizemnom dijelu drukčije riješen, t. j. poput Le Corbusierova objekta izgrađenog u Nantes-Le Rézé. Zbog velikog broja stanovnika zgrade projektant je predvidio unutarnju ulicu sa trgovinama, zatim velika dječja igrališta itd. Njemačka građevna poduzeća obvezala su se ovaj objekt izgraditi u roku od 11 mjeseci.

Pošto je točno u roku završen mnogo složeniji objekt, t. j. kongresna dvorana arhitekta Stubbinsa, možemo vjerovati da će se i kod Le Corbusierova objekta rok održati. Radovi na kongresnoj



Dok je arhitekt Gropius oblikovao pročelje u velikoj plastici i igri svijetla i sjene, arhitekt je Vago tražio rješenje u dekorativnoj i raznobojnoj obradi pročelja

dvorani započeli su 15 juna 1956, a završeni 19 septembra o. g. Radi ocjene zamašnosti zadatka navodimo ove podatke: u objektu je predviđena velika dvorana za konferencije sa 1 200 sjedišta, sa uređajima za prijevode na razne jezike, foyer sa površinom 1500 m², izložbena dvorana sa

Nažalost Niemeyerov objekt nije bio gotov. Skela pokriva toranj sa liftovima

1000 m², malo kazalište sa 400 sjedala, restaurant sa 125 stolova, a osim toga i veći broj dvorana za konferencije, kancelarijske prostorije, veliki parking za 400 vozila, te basen sa vodoskocima površine 6 000 m². Za izgradnju tog objekta osnovana je Fundacija Benjamin Franklin. Saradnici arhitekta Stubbinsa bili su berlinski arhitekti Werner Düttmann i Franz Mocken.

Na izvedbi tog objekta uložen je maksimalan napor, te objekt po svojoj arhitekturi, a i po kvaliteti detalja premašuje sve ostale građevine koje posjetilac susreće u Berlinu.

U samom središtu Berlina, na južnom rubu zoološkog vrta, podignut je objekt sa uredskim prostorijama, kinematografom, kavanom, ženskom konfekcijom itd. To je vrijedan rad berlinskih arhitekata Schwebesa i Schoszbergera, značajan za oblikovanje društvenog centra Berlina, a posebno zbog položaja koji taj objekt ima na vrlo atraktivnom mjestu središta gdje se najživlja ulica Berlina Kurfürstendamm slijeva u prometno vrlo živu ulicu Tauentzienstrasse.

Nakon što se mnogo energije utroši na razgledavanje INTERBAUa i novih objekata Berlina malo ostaje snage za razgledavanja ogromnog i svakovrsnog građevnog materijala, namještaja, raznih sanitarnih predmeta, rasvjetnih tijela, tapeta, tekstila, itd. odnosno izložbe koja je organizirana tokom mjeseca septembra na velikom sajamskom prostoru nad kojim dominira 150 metarska kopija ili barem neuspjelo smanjenje Eiffelova tornja.

Dalek je još i težak put obnovitelja Berlina, no izgleda da su temelji njegove rekonstrukcije sigurno postavljeni. Mnogi problemi grada predmet su javnih rasprava. »Urbanizam se tiče svih nas« motto je berlinčana, stoga nije nikakvo čudo da je za izložbu »Grad sutrašnjice«, koja je također organizirana u sklopu INTERBAU-a vladao veliki interes.

Iz inozemnih časopisa

TROKATNO SKLADIŠTE PUTUJE 800 M

(Engineering News-Record, New York, juni 1957.)

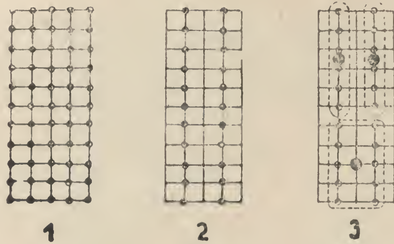
Pariska podružnica poznatog danskog građevnog poduzeća Christiani & Nielsen izvela je nedavno pravi podvig: preselila je veliki trokatni magacin iz armiranog betona 800 m daleko.

Do 1950. god. poduzeće je primjenjivalo klasičan način transporta zgrada, koji je zahtijevao posve pravilnu i vrlo krutu stazu. Inače bi, uslijed neravnosti odnosno popuštanja staze, dolazilo u konstruktivnim dijelovima zgrade do razornih momenata. Te godine, međutim, poduzeće je preuzelo narudžbu da preseli čitavo stambeno naselje na udaljenost nekoliko stotina metara, i to po terenu, koji je zahtijevao staze u zavojima i u promjenljivom nagibu. Klasičan sistem krutih staza bio bi tu preskup, i tako je po prvi put primijenjen nov način, sistem triju potpora. Kuće su ustvari bile poduprte na 4 mjesta (u 4 ugla), ali su dvije potpore, povezivanjem hidrauličkih dizalica smještenih u te potpore, bile spojene u jedinstven fluidni sistem, tvoreći tako imaginarnu treću potporu,

Sl. 1

koja leži negdje između obih potpora (kod simetričnog opterećenja točno u sredini).

Kod trgovačke zgrade u Parizu primijenjen je isti princip, ali zadatak je bio mnogo opsežniji.

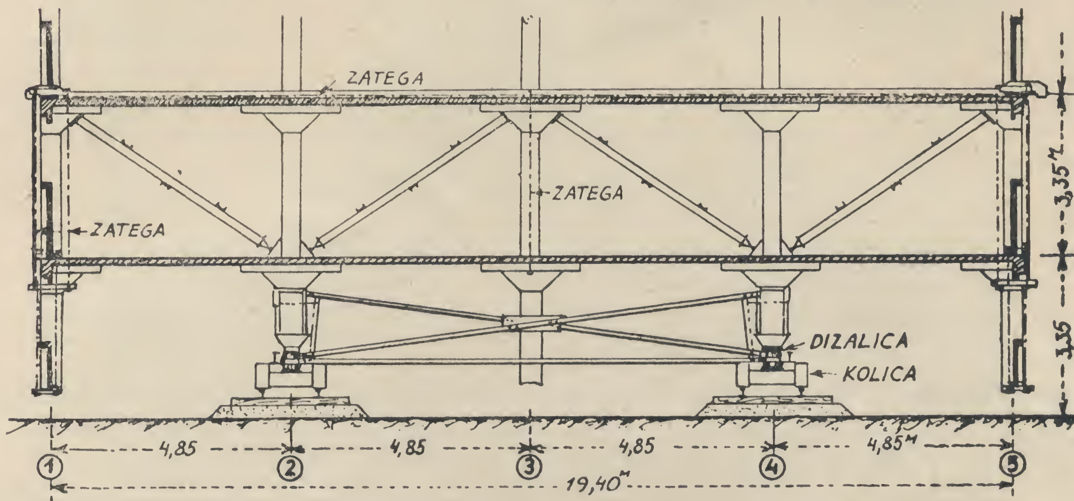


Sl. 2

Kako je smanjen broj potpora od 55 na 3, vidi se iz sl. 2. Tri reda stupova (u svemu 33 stupa) isključena su na taj način što je konstrukcija prvog kata umetanjem dijagonala i zatega pretvorena u rešetkasti nosač poduprt samo na dva mjesta (sl. 3). Pod svaki od preostala 22 stupa podvučena su kolica sa 4 kotača, na koja su bile postavljene hidrauličke dizalice. Dizalice su između sebe bile spojene tako, da su činile tri zasebna fluidna sistema, dva sa po 6 dizalica i jedan sa 10 dizalica. Tako je sav teret prenesen u 3 imaginarne potpore i popuštanje kolosjeka nije izazivalo promjene u raspodjeli tereta.

Bile su upotrebljene 3 veličine dizalica: od 200 tona pod 9 unutarnjih pari stupova, od 150 tona pod zadnjim parom stupova (gdje je zid) i od 100 tona pod srednjim parom stupova (kod dilatacije, bez zida).

Kod prelaza iz translacije u rotaciju ili obratno kolica su dignuta sa kolosjeka i rotirana u nov smjer.



Sl. 3

Zgrada je od armiranog betona, tlocrtne veličine oko 98/20 m, sa stupovima udaljenim 4,90 m u obadva smjera. Zahvaljujući dilataciji posred zgrade mogla se zgrada seliti u dva dijela. Svaki dio je tlocrtne površine 49/20 m, težine 2500 t, a ima 55 stupova. Novo mjesto za zgradu udaljeno je 760 m od starog. Stari i novi položaj zgrade nisu paralelni (oni čine kut od 25°), a osim toga kolosjek se nije mogao postaviti u najkraćoj liniji, jer su smetale postojeće zgrade (sl. 1). Zato je trasa kolosjeka položena prema skici, a zgrada je najprije rotirana 40° u jednom smjeru, a zatim 65° u protivnom smjeru.

Zatim je bio postavljen novi kolosjek, i kolica spuštena. Kolica su dizana i spuštana zasebnim dizalicama, koje su počivale na betonskim temeljima.

Guranje kolica po kolosjeku vršeno je pomoću 6 dizalica po 50 tona, hoda 90 cm, pričvršćenih u horizontalnom položaju na kolosjek.

Građenje nove zgrade bilo bi dvaput skuplje, a i trajalo bi mnogo duže nego preseljenje.

Kod manjih zgrada prednosti selenja su manje, ali u vezi sa nestašicom materijala, radne snage i stanova u Francuskoj često prenose i male zgrade.

B. P.

LUČNI MOST OD ARMIRANOG BETONA PREKO RIJEKE STORMS

(Le Génie Civil, Pariz, mart 1957.)

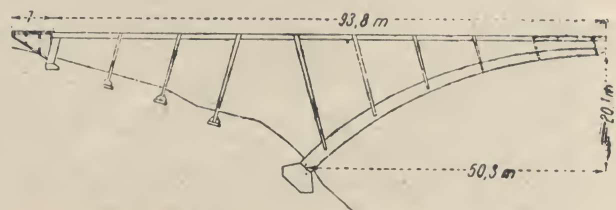
Most je podignut preko rijeke Storms na novoj cesti, koja vezuje gradove Port-Elisabeth i Cap u Južnoj Africi. Rijeka teče na tom mjestu u tjesnacu dubokom 150 m.

Za izradu projekta bio je raspisan međunarodni natječaj. Prema uslovima natječaja čelični su mostovi bili isključeni. Usvojen je projekt lučnog mosta od armiranog betona, čiji je autor talijanski inženjer R. Morandi (sl. 1).

Most ima ukupnu dužinu 186,53 m, srednji dio je luk raspona 100,58 m sa strelicom 20,11 m. Širina kolovoza iznosi 6,72 m, a dvaju pločnika po 0,73 m.

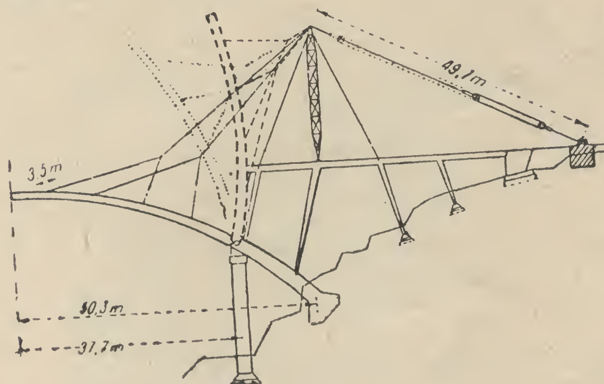
Luk je sandučastog presjeka, sa 3 komore. Širina luka nad potporama iznosi 7 m, u tjemenu 6,30 m, a visina nad potporama 2,55 m, u tjemenu 1,21 m. Debljina gornje i donje stijene svoda smanjuje se od 43 cm nad potporama na 29 cm u tjemenu, a debljina vertikalnih stijena (dviju krajnjih i dviju srednjih) od 61 cm nad potporama na 28 cm u tjemenu.

Kolovozna ploča je kontinuirana, sa dvije dilatacije (nad trećim stupićem lijevo i desno od osi mosta). Ploča je ojačana rebrima: ona ima tri uzdužna nosača i odgovarajući broj poprečnih nosača. Poprečni nosači imaju konsole za pločnike. Uzdužni nosači poduprti su na svakih 10 m stupićima, koji leže na obali odnosno na luku mosta (samo dva reda stupića nad tjemenom luka smještena su na uzajamnoj udaljenosti 4 m). Stupići su kosi, a profil im se smanjuje odozgo prema dolje.



Sl. 1

Podizanje skele nad dubokim riječnim tjesnacom bilo bi vrlo skupo i izbjegnuto je na način koji je već u nekoliko navrata primijenjen kod mostova (uglavnom čeličnih): dijelovi mosta se izrade u provizornom, približno vertikalnom položaju, a zatim se sklope (sl. 2).



Sl. 2

Da bi se smanjila težina dijelova, koji se sklapaju, betonirani su niži dijelovi luka (dužine oko 2 × 12 m) na licu mjesta, a sklapali su se samo srednji dijelovi (dužine oko 2 × 38 m). Da bi se dobio pouzdan oslonac za izradu svodova, ozidani su na lijevoj i desnoj obali provizorni stupovi, koji su kasnije srušeni. Ni tako skraćeni dijelovi luka, koji su se sklapali (38 m), nisu betonirani i sklopljeni odjednom u čitavoj širini, već u dva dijela. Zasebno je sklopljena prva, a zasebno treća komora sandučastog profila luka, a zatim je betoniranje donje i gornje stijene svoda u srednjoj komori izvršeno na licu mjesta, na oplati koja je bila učvršćena na već sklopljene komore.

Dijelovi luka, koji su se sklapali, betonirani su na provizornim zglobovima sa čašicama iz čeličnog lima promjera 90 cm. Težište tih dijelova se nalazilo 30 cm od vertikale, na strani prema obali. Kada je beton otvrdnuo, potisnut je luk do mrtve točke pomoću hidrauličkih dizalica, koje su se oslanjale na gotov obalni dio kolovozne ploče, a dalje se spuštao pod utjecajem vlastite težine, pridržavan čeličnim užetima pomoću vitla. Zbog sigurnosti protiv savijanja kod spuštanja, projektant je gornjem dijelu svoda dao prednapon zatezanjem čeličnih žica ∅ 5 mm. Kada je spuštanje bilo gotovo, luk je u tjemenu upet pomoću zavarenih čeličnih gredica, a zatim su popuštena čelična užeta i žice.

Da bi se eliminirali provizorni zglobovi, spojena je na tim mjestima armatura zavarivanjem, a zatim je dovršeno betoniranje. *B. P.*

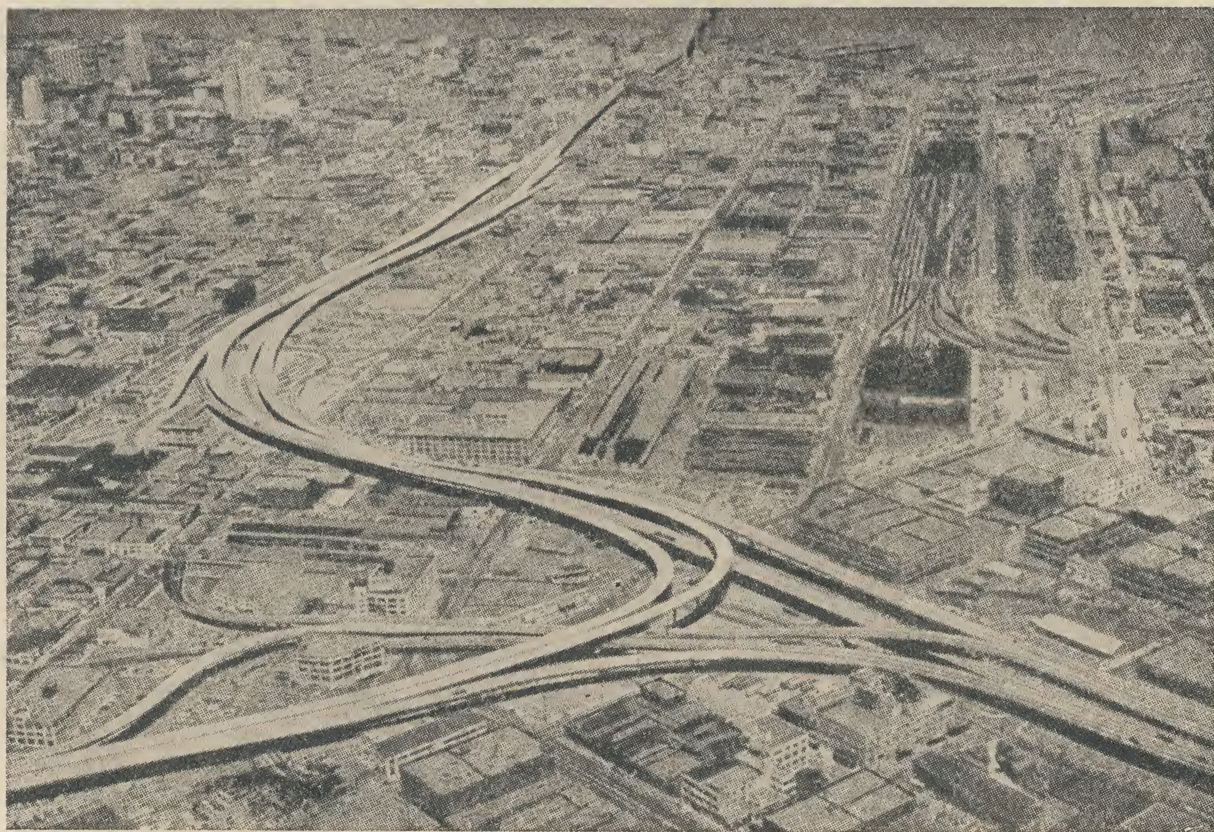
»FREEWAYS« U SAD

(Aujourd'hui, No 11, Paris, januar 1957,)

Moderne ceste, koje se danas grade u SAD i koje omogućavaju brz prolaz kroz gradske centre, ili dopuštaju putovanja između gradova uz minimalni potrošak vremena, zovu se »freeways«. Ako takav »freeway« povezuje pojedine države, onda se zove »turnpike«. Prva takova izgrađena cesta bila je »Pennsylvania Turnpike«.

Nedavno je u SAD prihvaćen projekt, da će se kroz narednih 10 godina na izgradnju »freeways« odnosno »turpikes«, utroši 50 milijardi dolara.

Osnovni principi kod gradnje tih cesta su ovi:



Sl. 1 — »Freeway« u San Francisku (fotografirano prije predavanja u saobraćaj)

Širina ceste je za 4 vozila u svakom smjeru, sa širokom srednjom trakom i bankinama, s odličnom signalizacijom i novim načinom križanja saobraćajnica, od 70 km/sat. Propisana brzina na cesti je konstantna, pa se jednako kažnjavaju vozači, koji voze prevelikom brzinom kao i oni, koji voze premalom brzinom.



Sl. 2 — Pogled na 4-etažni čvor u obliku ljiljana u Los Angelosu

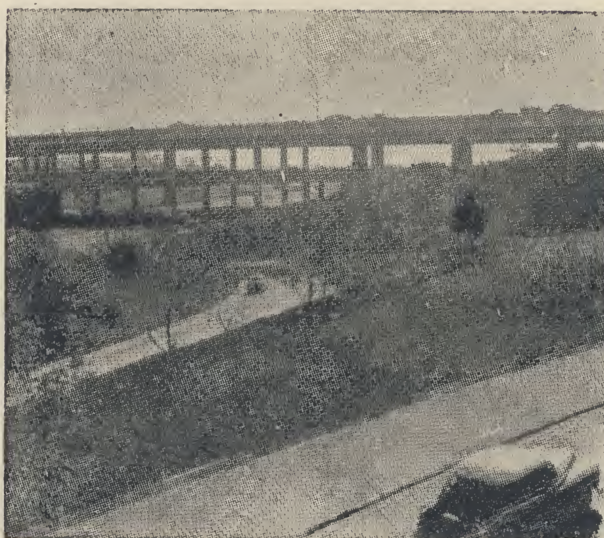
t. j. mjesto čvora u obliku djeteline je čvor u obliku ljiljana, koji je doduše skuplji, ali zauzima manju površinu. Ta ukrštanja su u nekoliko etaža, na pr. u Los Angelosu u 4 etaže.

Propusna moć takove ceste sa 8 traka je 5500 vozila u jednom satu u svakom smjeru, kod srednje brzine



Sl. 3 — Most u zalivu San Franciska, kao sastavni dio »freeway«-a, koji vodi oko zaljeva. Most je dug 6510 m, a predan je saobraćaju u septembru 1956. god.

Na »freeways« vozila troše dva puta manje goriva, nego na prenatrpanim starim cestama u SAD.



Sl. 4 — Dio jednog »freeway«-a u Kaliforniji, na pilotima u više etaža.

L. Z.

Iz društva građevinskih inženjera i tehničara NR Hrvatske

DISKUSIJA O NACRTU GRAĐEVINSKOG ZAKONA

Prvi plenarni sastanak Zagrebačke Podružnice nakon ljetnog prekida bio je posvećen diskusiji o nacrtu građevinskog zakona. Koliku važnost stručni krugovi pripisuju ovom zakonu vidi se po tome, da je sastanak bio vrlo dobro posjećen (bili su prisutni članovi, koji se inače vrlo rijetko viđaju na predavanjima u DIT-u).

Ing. Matija Vrkljan iznio je najvažnije karakteristike nacrta zakona, nakon čega se razvila diskusija.

Zagrebačko članstvo se s nizom postavki nacrta ne slaže, te je donesen zaključak, da se preko Saveza Društava GIT Jugoslavije u Beogradu dostave Saveznom Izvršnom Vijeću ove primjedbe:

1) Građevinski zakon bi morao sadržavati osnovne postavke svih materija, koje zasijecaju u bilo koji sektor građevinske djelatnosti. Ne možemo se složiti s time, da se pojedine materije obrađuju u većem opsegu, a druge da se djelomčino zapostavljaju, ili uopće ne obrađuju.

2) U nacrtu građevinskog zakona malo je pažnje posvećeno higijenskim i tehničkim propisima, aproprijacijama, eksproprijacijama, koji su i te kako važni kako u naseljenim mjestima, za koje postoji regulacioni plan, tako i izvan naselja. Osim toga nigdje se ne spominje ni općenita izrada kolovoza, trotoara, vodovoda i kanalizacije, kao ni načelne naknade troškova za izgradnju, upotrebu i uzdržavanje navedenih postrojenja.

3) U nacrtu građevinskog zakona spominju se pojedini upravni organi, kao na pr. »Sekretarijat za industriju«, što bi trebalo izbjeći i svagdje postaviti termin »nadležni organi«, to više, što svaka teza, u kojoj se spominju ti organi, povlači za sobom donošenje uredbe, naredbe, uputstva i t. d.

4) Nacrt građevinskog zakona stilski je nedotjeran, sa mnoštvom sasma nepotrebnih stranih termina.

5) Osim navedenih općih primjedaba date su i detaljne primjedbe na pojedine teze građevinskog zakona.

6) Prilikom sastava toga nacrta građevinskog zakona trebalo bi uzeti u obzir i razmatranje i građevinski zakon koji je izdan 1931. godine.

7) Završno se smatra, da nacrt građevinskog zakona u sadašnjoj formi nije još toliko sazrio, da bi mogao služiti kao baza za konačno razmatranje materije iz svih sektora građevinske djelatnosti, te da je bolje još odlagati donošenje tog zakona, nego donijeti zakon, koji će se u najbližoj budućnosti morat opet mijenjati i nadopunjavati novim uredbama i pravilnicima.

OBAVIJEST ČLANSTVU GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

Savez inženjera i tehničara FNRJ izdao je članske karte za članove svih republičkih društava. Tokom mjeseca novembra dobit će članovi nove članske karte, koje su snabdjevene rednim brojem i žigom Saveza inženjera i tehničara FNRJ te potpisom društva.

Ujedno se članstvo upozorava, da će se s ovim legitimacijama grupa od najmanje 5 članova moći koristiti popustom od 50% na željeznicama. Za taj popust važi čl. 19 željezničke tarife, čiji su najvažniji stavovi:

1. Članovi Saveza inženjera i tehničara FNRJ, kada putuju kolektivno u skupinama od najmanje 5 lica, uživaju povlasticu 50% od redovne vozne cijene.

Povlastica važi i za manji broj putnika, ako se plati povlašćena vozna cijena za 5 odraslih lica, za razred i vrstu voza, u kome skupina putuje.

2. Vozna cijena za sve učesnike kolektivnog putovanja naplaćuje se od iste polazne i do iste uputne stanice, pa i u slučaju kada pojedini učesnici ulaze ili izlaze na kojoj usputnoj stanici.

3. Povlastice se iskorišćuju na osnovu objave za kolektivna putovanja K-16, koju izdaje Društvo građevnih inženjera i tehničara NRH.

Objava mora biti čitko ispunjena u svim predviđenim rubrikama i snabdjevena žigom i potpisom izdavaoca.

Objava važi mjesec dana od dana izdavanja.

Objave K-16 štampa željeznica, i prodaju ih željezničke stanice po cijeni od Din 100.—

4. Organizacija, udruženje, ustanova i t. d., koja izdaje objavu, snosi materijalnu i krivičnu odgovornost za pravilno iskorištenje ove povlastice i dužna je da željeznici naknadi vozne cijene, razlike vozne cijene i dodatka, kao i iznose eventualne pričinjene štete, koji se nisu mogli naplatiti u vozu od učesnika kolektivnog putovanja.

5. Željeznica može izvjesne vozove izuzeti od upotrebe kao i skupinu prevesti nekim drugim umjesto traženim vozom.

Povlastica se može u izvjesne dane uskratiti bez navođenja razloga.

6. Vođa skupine je dužan da pri kupovanju vozne isprave podnese putničkoj blagajni objavu, koja se žigoše staničnim žigom sa datumom i vraća vođi skupine.

7. Cijela skupina otpravlja se zajedničkom voznom ispravom.

Osim toga, svaki učesnik (uključivo i vođa) dobiva kontrolnu marku. Kontrolna marka važi samo uz voznu ispravu za kolektivno putovanje. Putnik, koji pri pregledu ne pokaže kontrolnu marku, smatra se kao putnik bez vozne isprave.

Ako vođa skupine ne može da pokaže objavu, povlastica ne važi.

Na zahtjev željezničkih organa, članovi organizacije dužni su da pokažu članske legitimacije — karte. U protivnom moraju da plate razliku do redovne vozne cijene, i dodatak.

Članske legitimacije — karte važe samo ako su izdane od strane Saveza inženjera i tehničara FNRJ i ako su produžene za tekuću godinu. One moraju biti jednoobrazne za sve članove odnosne organizacije.

Kod otpravljanja u odlasku može se skupina otpraviti i za povratak. U tom slučaju za putovanje u odlasku i povratku izdaju se posebne vozne isprave i posebne kontrolne marke.

PREDAVANJA U ZAGREBAČKOJ PODRUŽNICI DRUŠTVA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

U Zagrebu je kao gost AGG fakulteta boravio Dr. ing. Laurits Bjerrum, direktor Norveškog geotehničkog instituta.

Za vrijeme svog boravka u Zagrebu održao je u prostorijama Društva vrlo uspjelo predavanje s projekcijama o temi: »Problemi stabilnosti o geomehanici. Teorija i praksa.« Prije predavanja naše je Društvo u čast uglednom gostu pripremilo prijem u prostorijama Doma.

Lične vijesti

Član našeg Društva dr. ing. Zlatko Kostrenčić, pozvan je u Kartum, glavni grad Sudana, da na tamošnjem Tehničkom fakultetu predaje predmete: čvrstoću materijala, statiku i ispitivanje materijale. Dr. Kostrenčić odazvao se tom pozivu i već je započeo svoja predavanja u Kartumu.

Bibliografija

ЗБОРНИК ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА 1952—1953. Техничка велика школа, Београд.

ЗБОРНИК ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА, 2. Универзитет у Београду (1956).

Građevinski fakultet u Beogradu izdao je dosada dva zbornika naučnih radova svojih nastavnika i saradnika. Te su publikacije, na žalost, jedva poznate širem krugu naših stručnjaka, vjerojatno zbog slabe distribucione službe izdavača. Kako oni predstavljaju značajnu manifestaciju naučnog rada kod nas, držim da je ne samo potrebno, nego i korisno da ovdje budu — makar sa zakašnjenjem — opširnije prikazani.

Prvi zbornik, za godine 1952 i 1953, sadrži na 186 stranica u formatu četvrtine, osam rasprava, i to tri iz teorije konstrukcija (nauke o otpornosti i građevinske statike), četiri sa područja eksploatacije željeznica i jednu sa područja građevinskih konstrukcija.

U opsežnoj raspravi *Đorđa Lazarevića »Proračun napona ekscentrično opterećenih elemenata prstenastih preseka«* prikazano je izračunavanje dimnjačkih masivnih cijevi. Obrađena su oba slučaja, koji se mogu pojaviti: jednostavniji slučaj, kada zategnuta zona presjeka sudjeluje u prenošenju naprezanja i složeniji slučaj, kada materijal ne može preuzimati napone zatezanja. Pri izvođenju obrazaca za izračunavanje u oba je slučaja uzeto u obzir oslabljenje presjeka dimnim kanalom. Da bi skratio računski rad i tako omogućio da se u razmjerno kratkom roku izvrši ponovljeni račun u cilju dobivanja ekonomnih dimenzija presjeka, autor je izračunao tabele karakterističnih funkcija, koje se pojavljuju u izvedenim obrascima. Te su tabele djelomično prikazane i u dijagramima. Praktična primjena postupka pokazana je na jednom brojčanom primjeru. Tkogod je proračunavao masivne fabričke dimnjake, znat će ocjeniti vrijednost ovoga rada za praksu.

U postumno objavljenom radu *Vojislava Krstića »Prilog teoriji kontinualnog nosača«* iznesen je postupak izračunavanja prâve grede preko više polja, koji je sam autor na kraju svog rada kritički ocijenio. Postupak zahtijeva nešto više računskog posla nego uobičajeni postupci, no pokazuje i neke prednosti. Izloženi način određivanja uticajnih linija kao elastičnih linija nije nov. On je u biti klasičan i njegova je primjena za praktična izračunavanja u novije vrijeme višestruko tretirana u literaturi. Autor to međutim nije mogao ustanoviti, zbog teškoća s nabavom stručne literature u ratno i poslijeratno vrijeme. Stoga je njegov prikaz postupka originalan, a sadrži i novih zapažanja.

Doktorska teza *Vladimira Bogunovića »O savijanju pravougaone ploče sa jednom slobodnom stranom«* predstavlja najopsežniji i nesumnjivo najznačajniji naučni doprinos u ovom zborniku. U njoj je obrađen problem savijanja pravougaone ploče s jednim potpuno slobodnim rubom za četiri slučaja nalijeganja ploče: a) ploča je na sva tri ostala ruba slobodno položena, b) ploča je na dva nasuprotna ruba slobodno položena, dok je na trećem ukliještena, c) ploča je na dva nasuprotna ruba ukliještena, na trećem slobodno položena, d) ploča je ukliještena na tri ruba. Problem je u prva dva slučaja riješen za kakvogod opterećenje, a u ostala dva slučaja uz pretpostavku, da je opterećenje simetrično raspoređeno prema raspolovnici slobodnog ruba. Za prva je dva slučaja izvedeno rješenje za gdjegod položen koncentrirani teret, iz kojega se integriranjem dobiva rješenje za kakogod raspodijeljen teret.

Dobiveno osnovno rješenje autor je primijenio na neke značajne slučajeve opterećenja. Za ploču s ukliještenim rubovima dani su dijagrami raspodjele momenata uklještenja za različite odnose dužina stranica, što svakako povećava vrijednost rasprave za praksu. Zbog kontrole izvedenog rješenja za jedan je slučaj rezultat brojčanog izračunavanja isporeden s rezultatom izračunavanja po starijem postupku prof. Hlitčijeva.

Kirilo Savić pokušao je da u raspravi *»Odnos athezione vučne sile prema brzini«* nađe prave uzroke smanjenja athezije i da matematski odredi vrijednost tog smanjenja. Umjesto dosada upotrebljavanih empirijskih formula on predlaže upotrebu teorijski izvedenog obrasca. Analizom tog obrasca dolazi do praktičnih zaključaka i saznanja o izboru povoljnih tipova lokomotiva sa stanovišta vuče.

Isti autor razmotrio je u radu *»Ublažavanje uspona u tunelima«* mogućnost, da se slabe strane potrebnog ublažavanja uspona u tunelima — gubitak na visini u teškom terenu i time povećanje dužine pruge — nadoknade iskorištenjem ublaženog uspona za povećanje žive sile voza u tunelu. Razmatranja su objašnjena na praktičnim primjerima.

U raspravi *Stevana Rakočevića »Uticaj propusne moći pruge na raspored stanica i mimoilaznica«* izlaže se način određivanja dopuštenog vremenskog intervala i najmanjeg broja međustaničnih odstojanja u zavisnosti od propusne moći pruge. Zatim se pokazuje način određivanja potrebnog razmaka platoa između dviju susjednih stanica. U dva brojčana primjera dano je objašnjenje prikaza, i pokazana je upotreba izvedenih obrazaca i tabela.

Borivoje Manojlović obrađuje u radu *»Grafonumerički metod računanja vremena vožnje«* problem, koji je već rješavan na najrazličitije načine — analitički, grafički i numerički — no nijedno od dobivenih rješenja nije dovoljno jednostavno za praktičnu primjenu. U predloženom radu objašnjena je priroda neravnomjernog kretanja voza u različitim uslovima vuče, zadatak je pojednostavnjen i dano je rješenje, koje će problem obuhvatiti u cjelini. Ono je svedeno na stalne sile usporavanja i ubrzavanja, s kojima se određuje vrijeme putovanja, a može poslužiti kao baza za daljnje izučavanje i izradu jednostavnih grafikona za određivanje vremena vožnje kod različitih težina vozova i tipova lokomotiva.

Jovan Jovanović predlaže u raspravi *»Univerzalni prozor i univerzalna vrata«* u cilju brzog i uspješnog podizanja zgrada nov tip prozora i vrata, po konstrukciji lako upotrebljiv za svaku zgradu, bez obzira na njenu namjenu. Osnovni element prozora je prozorska jedinica u četiri različite veličine, s kojom se može sastaviti univerzalni prozor. Sklopljene jedinice međusobno se povezuju okvirnim letvama, a dobivaju gornji i donji završetak. Univerzalna vrata sastavljaju se od gotovih elemenata: krila, postave i opšivke. Osnovni element vrata je krilo, koje se izrađuje u dvije po veličini različite jedinice. Prednost je univerzalnih vrata, da se od dviju osnovnih jedinica mogu napraviti dvo-, tro- ili višekrilna vrata, s istim postavama i opšivkama. Autor ističe praktične prednosti predloženih univerzalnih prozora i vrata s različitih stanovišta, a naročito sa stanovišta ekonomije.

Drugi zbornik, za godinu 1955, sadrži na 230 stranica formata četvrtine dvanaest rasprava, i to šest iz područja teorije konstrukcija, a po jednu iz područja mehanike, hidraulike, eksploatacije željeznica, kemije, astronomije i tehničke nastave.

Đorđe Lazarević daje u opširnoj raspravi *»Metoda deformacionih uglova kod konstrukcija sistema sa lučnim štapovima«* prvi od niza priloga izračunavanju okvirnih sistema nosača po metodi deformacija, koji namjerava objaviti. U njemu su obuhvaćeni parabolični lukovi s jednostavnim zakonom promjenljivosti momenta inercije presjeka (moment inercije obrnuto proporcionalan cosinusu kuta nagiba lučne osi), i to dvozglobni lukovi i obostrano ukliješteni lukovi, bez zatege i sa zategom. Praktična primjena izvedenih obrazaca pokazana je na brojčanom primjeru (simetričan okvir preko tri polja, s lučnom prečkom u srednjem polju raspona 100 m).

Problem, koji je u stručnoj literaturi riješen na danas već klasičan način (Ostenfeld, Mann, Kruck), i to ne samo načelno, nego i za praktičnu primjenu, u ovoj je raspravi obrađen vrlo detaljno, sa svima, čak i relativno elementarnim izvodima. Po načinu prikazivanja, kao i po nekim novim rezultatima u pojedinostima, cijela rasprava ima ipak karakter originalnog rada. Svakako se može s interesom očekivati nastavak ove rasprave, u kojemu će autor vjerojatno tretirati sisteme nosača s lukovima, kod kojih se moment tromosti presjeka mijenja po složenijem zakonu.

Prvoslav Ivković proučava u raspravi *»Uticaj elastičnog pomeranja u spojevima složenog preseka drvenih konstrukcija«* slobodno položeni drveni nosač sa složenim simetričnim presjekom, za slučaj simetričnog opterećenja. Izvodi izraz za moment inercije presjeka nosača, uzimajući u obzir elastično pomjeranje u spojevima složenog presjeka, zavisno o elastičnim osebinama spojnog sredstva. Iz promatranog složenog osnovnog presjeka mogu se, kombinacijom spojeva i elemenata složenog presjeka, dobiti najraznoličniji oblici složenih presjeka, kakvi se upotrebljavaju u drvenim konstrukcijama. Za njih su izvedene vrijednosti koeficijenata u osnovnim jednadžbama, kao i koristan moment inercije presjeka. Konstanta elestičnog pomjeranja za upotrebljeno spojno sredstvo, koja mora biti poznata, određuje se eksperimentalno.

U doktorskoj disertaciji *Dragoša Radenkovića »Savijenje krivih štapova u ravni«* obrađen je jedan od dosada često rješavanih, ali još uvijek nepotpuno riješenih problema teorije konstrukcija. Autorovi izvodi baziraju na linearizaciji Kirchoffovih uslova ravnoteže, uz dvije pretpostavke: a) računa se s uticajem deformacija na uslove ravnoteže, b) deformacije su takvog reda, da se mogu zanemariti kvadrati i produkti pomjeranja i njihovih derivacija. Na brojčanom primjeru ne samo da je pokazana praktična primjena izvedenih obrazaca, nego je i izvršeno uspoređenje rezultata računa s rezultatom, koji se dobiva po obrascima izvedenima u poznatom Fritzovom djelu o teoriji i izračunavanju punih lučnih nosača. Autorov postupak ima prednost, da se tok računa kao i tačnost dobivenih rezultata ne mijenja, ako je odnos strelice i raspona luka veći.

Milan Đurić tretira u svojoj opsežnoj doktorskoj tezi *»Teorija duge prizmatične poliedarske ljuske«* problem primijenjene teorije elastičnosti, za koji se rješenje obično traži u obliku trigonometrijskih redova, pa je stoga ograničeno na specijalni slučaj slobodno položenog naboranog prizmatičnog sistema nosača. Polazeći od općeg rješenja uslovnih diferencijalnih jednadžbi u konačnom obliku, u ovoj je tezi dano opće rješenje problema duge prizmatične poliedarske ljuske. Iz njega se, određivanjem integracionih konstanti iz zadanih graničnih uslova, može dobiti rješenje za kakogod oslonjenu ljusku. Za slučaj da su sve ploče ljuske jednako oslonjene, pokazano je i rješenje, razvijeno po sistemu ortogonalnih funkcija transverzalnih oscilacija grede, oslonjene na isti način kao ploče dane ljuske. Primjenom matričnog računa autor je uspio da općenito provede linearnu transformaciju, potrebnu pri izračunavanju poliedarske ljuske s krutim čvorovima ploča, koje su općenito praktično neizvodljive. Pored toga, tim postupkom je na najmanju mjeru sveden broj računskih operacija, potrebnih za dobivanje općeg rješenja; one su k tome preglednije i mogu se lako kontrolirati u toku rada. Sve to, razumljivo, bitno olakšava i stvarno tek omogućuje primjenu postupka u praksi.

U kraćoj raspravi *Vladimira Korolije »Jedan slučaj aksijalnog pritiska na ugib konzole i sila izvijanja za taj slučaj«* tretira se izvijanje stupa, ukliještenog na podnožju, koji je opterećen jednom centričnom silom na vrhu i dvjema ekscentričnim silama u nekoj udaljenosti ispod vrha, gdje se povećava presjek stupa. (U tehničkoj praksi to je stup, koji nosi krovište i dvije kranske staze). Za jedan konkretni slučaj izračunata je po izvedenim obrascima sila izvijanja.

Hristivoje Erić daje u radu *»Grafikoni za dimenzionisanje spiralno armiranih stubova«* pomoćno sredstvo za jednostavno dimenzioniranje takvih stupova. Grafikoni su izrađeni za marke betona 220 i 300 i armaturu od Č 37 i Č 52. Obrasci za izračunavanje dijagrama dobiveni su tako, da je uvođenjem jednog koeficijenta dimenzioniranje centrično opterećenih spiralno armiranih stupova svedeno na dimenzioniranje isto tako opterećenih, podužno armiranih stupova.

U raspravi *Svetozara Nešića »Reaktivni pogon vozila«* izlaže se suština pojma aktivnog i reaktivnog pogona na primjerima vozila na čvrstoj podlozi i vozila po fluidima.

Rad *Borivoja Manojlovića »Grafonumerički metod računanja vremena vožnje«* predstavlja završetak rada u prvom zborniku. Eliminacijom težine voza kao promijenljive vrednosti, a zadržavanjem samo nagiba i brzine kao promijenljivih faktora, dobiveni su analitički izrazi za grafikone, koji omogućuju jednostavno određivanje vremena putovanja vozova za sve uslove njihovih kretanja. Po tim je obrascima autor izračunao 22 grafikona, koji se mogu korisno upotrebiti u eksploataciji željeznica.

Miloje Milojević izveo je u raspravi *»Nov logaritmar za hidrauličke proračune kružnih cevi«* obrasce, po kojima je izrađeno novo pomoćno sredstvo za hidraulička izračunavanja pri rješavanju različitih zadataka u tehničkoj praksi.

Vlastimir Vučić prikazuje u kratkom radu *»Tehničko dobivanje radona iz radioaktivnog terena Niške Banje za potrebe terapije«*, kako je s pomoću jednostavnih i ekonomnih sonda dobivena velika količina radioaktivnog plina iz poroznog terena.

Branislav Ševarlić daje u dosta opširnoj monografiji *»Problem promena astronomskih širina«* kritičan pregled publikacija iz prošla dva stoljeća, koje obrađuju pitanje promjene širine i pomjeranja zemaljskih polova. Rasprava je uvod u analizu vlastitih autorovih opažanja na tome polju.

U napisu *»Novi plan nastave i režim studija na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu«* izlaže *Miladin Pećinar* svoje poglede na novi nastavni plan.

Kako se vidi iz gornjeg prikaza, sadržaj ovih dvaju zbornika beogradskog Građevinskog fakulteta prilično je raznoličan. Treba istaći, da se u svim radovima, pa i onima, koji se na prvi pogled čine kao da su sasvim teorijski, zapaža povezanost s tehničkom praksom. Stoga će mnogi od tih radova dobro poslužiti inženjerima u njihovom stručnom radu. Svi radovi, objavljeni u ovim zbornicima, nisu, razumljivo, na istoj visini; uz visoko naučne radove nalaze se i neki radovi, koji imaju, uglavnom, praktičnu tendenciju ili, barem donekle, karakter referata. Svakako, prikazani su zbornici dokaz uspješne i hvale vrijedne aktivnosti nastavnika beogradskog Građevinskog fakulteta na razvijanju građevinskih nauka.

Dr. Ing. R. Kušević

NAŠE GRAĐEVINARSTVO — God. XI., br. 11, novembar 1957, Beograd:

Globočnik: Opšta metoda dimenzioniranja industrijskih dimnjaka, izrađenih od opeke. — Vlahović: Geologija Nikšićkog polja i mogućnost stvaranja akumulacije u njemu; II. deo. — Andrejević: Naša najstarija biblioteka. — Nagrade iz fonda »Nikola Tesla«.

IZGRADNJA — god XI., br. 7. juli, 1957 Beograd: Blagojević: Brana na reci Sinni u Italiji. — Petrović: Primena penušavog betona. — Dragač: Prikaz projekta nasute brane HC Tikveš. — Vučković: Racionalno dimezioniranje drvenih elemenata napregnutih na savijanje. — Kritić: Novi materijali u izgradnji vinilne plastične mase. — Rešavanje problema gradskih otpadaka u Pragu. — Iz rada Međunarodnog potkomiteta za beton za visoke brane. — Matić: Građevinsko zanatstvo.



VIADUKT

GRAĐEVNO PODUZEĆE - ZAGREB

